Phys. g. 356 l (1

Poppe

Der
physikalische Jugendfreund
oder
fassliche und unterhaltende Darstellung der Naturlehre, mit der genauesten Beschreibung aller anzustellenden Experimente, der dazu nöthigen Instrumente, und selbst mit Beyfügung vieler belustigenden physikalischen Kunststücke,

von

D. J. H. M. Poppe,
Rath und Professor zu Frankfurt am Mayn.

*

Erster Theil.

Mit sechs Kupfertafeln.

Frankfurt am Mayn,
bey Friedrich Wilmans, 1811.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Sr. Hochwohlgebohren

dem

Herrn Geheimen Rath und Präfekten des Departements
Frankfurt

Freyherrn von Günderrode

ehrerbietigst gewidmet

vom Verfasser.

Vorrede.

Unter dem Titel: physikalische Unterhaltungen für die Jugend gab ich im Jahr 1802 bey Sommer in Leipzig zwey kleine Bändchen heraus, die zusammen auf ohngefähr 16 Bogen in Sedezformat und auf zwey Kupfertäfelchen nicht viel mehr als die allgemeinen Eigenschaften der Körper enthielten. Ich dachte auf diese Art in einer

Reihe Bändchen die ganze Naturlehre abzuhandeln. Von mehreren Seiten her, auch in kritischen Blättern, z. B. der Allgemeinen deutschen Bibliothek, wurde ich dazu aufgemuntert. Mehrere Gründe aber, die nicht hierher gehören, bewogen mich bald, die Fortsetzung nicht erscheinen zu lassen. Vor zwey Jahren veranstaltete Herr Sommer ohne mein Wissen und Willen eine neue Ausgabe von den beyden Bändchen unter dem Titel: der physikalische Kinderfreund. Da das Publikum meine Schrift, die doch noch manche Mängel an sich trug, so gütig aufgenommen hatte, und mehrere treffliche

Männer mich fortdauernd zur Fortsetzung derselben aufforderten, so entschloß ich mich, nach einem viel umfassendern, und meiner Meynung nach viel zweckmäßigern Plane ein neues Werkchen unter dem Titel: der physikalische Jugendfreund auszuarbeiten. Ich übernahm diese Arbeit um so lieber, da ich so glücklich war, für mein Unternehmen den wackern Verleger des technologischen Jugendfreundes von Blasche zu gewinnen.

Mein Hauptaugenmerk bey diesem neuen Werkchen richtete ich vorzüglich auf eine gedrängte Darstellung, um, unbeschadet der nöthigen Ausführ-

lichkeit und Faßlichkeit, das Ganze in 4 Bändchen und auf 25 oder 26 Kupfertafeln zu bringen. Ich werde kein wesentliches Experiment auslassen und alle nöthige Instrumente oder sonstige Apparate werde ich getreulich abbilden. So kann das Werkchen nicht blos zum Selbstunterricht, sondern auch manchem Lehrer, dem andere Mittel fehlen, zur Beyhülfe beym Dociren, und Anfängern, die einen Lehrkursus der Physik beendigt haben, zur Repetition dienen.

Unter den anzustellenden Experimenten stößt man zwar schon oft auf sogenannte physikalische

Kunststücke. Demohngeachtet aber werde ich doch noch zu jedem Bändchen ein eigenes Kapitel hinzufügen, das solchen Kunststücken ausschließend gewidmet ist, und zwar solchen, deren Erklärung sich allemal auf die abgehandelten Lehren bezieht. Ich hoffe, daß diese Zugabe meinen jungen Lesern nicht mißfallen, und daß sie auch von der ernsthaftern Seite betrachtet, nicht unnütz seyn wird. Eigentliche Taschenspielerstücke, die vorzüglich durch Einverständnisse seltsam erscheinen, und solche, wozu viele Uebung gehört, lasse ich hinweg, oder rede nur historisch davon. — Daß die folgenden Bänd-

chen reichhaltiger an eigentlichen Kunststücken ausfallen werden, als das gegenwärtige, hat in den auf einander folgenden physikalischen Lehren selbst seinen Grund.

Frankfurt a. M. im März 1811.

J. H. M. Poppe.

Inhalt.

Seite.

Erstes Kapitel. Einleitung 3

Zweytes Kapitel. Ueber Ausdehnung, Porosität, Impenetrabilität und Theilbarkeit der Körper . . 17

Drittes Kapitel. Bewegbarkeit, Cohäsion, Adhäsion und Attraction 47

Viertes Kapitel. Schnellkraft, Springkraft oder Elasticität 81

Fünftes Kapitel. Besondere Arten der Bewegung 116

Sechstes Kapitel. Trägheit oder Beharrungsvermögen 120

Seite

Siebentes Kapitel. Zusammengesetzte Bewegung 133
Achtes Kapitel. Schwere, Fall und Gewicht . . 145
Neuntes Kapitel. Von den Centralkräften . . . 151
Zehntes Kapitel. Vom Pendel 156
Eilftes Kapitel. Vom Hebel und von den übrigen mechanischen Potenzen 161
Zwölftes Kapitel. Vom Schwerpunkte 188
Dreyzehntes Kapitel. Vom Stoß der Körper 208
Vierzehntes Kapitel. Vom Schalle 217
Funfzehntes Kapitel. Noch einige belustigende und unterhaltende Kunststücke in Beziehung auf die bisher vorgetragenen physikalischen Lehren 252

Der

physikalische Jugendfreund.

Erster Theil.

Erstes Kapitel.

Einleitung.

Noch rollte der Donner in der Ferne, noch öffneten sich die schwarzen Wolken am östlichen Himmel und schleuderten helle Blitze auf die Erde herab, als Waltersdorf mit dem funfzehnjährigen Hoym kurz vor Einbruch der Dämmerung das Frankfurter Stadtgebieth erreicht hatte. Gen Osten strömte der Regen noch auf Dörfer und Felder, und übergoß sie wie mit einem undurchsichtigen Schleyer. Aber gen Westen glühte in hoher Majestät die Sonne, die mit ihrem purpurnen Saume bald die Gipfel des entferntern Gebirges be-

rührte. Ein prächtiger Regenbogen, der sich über das Gewölbe des Himmels hinzog, vollendete das herrliche Naturgemälde. — „O, wie schön!“ rief Hoym mit Begeisterung aus; „nie habe ich etwas schöneres gesehen!“ — Der Kutscher mußte ganz langsam fahren, und so eben vergoldete der glänzende Himmelskörper mit seinen letzten Strahlen die Wipfel des nahe liegenden Forstes, als beyden Reisenden die weitere Aussicht durch Gärten versperrt wurde.

Waltersdorf war ein reicher, sehr gebildeter Gutsbesitzer zu W. . . von ohngefähr dreißig Jahren; Hoym der Sohn des Pfarrers daselbst. Waltersdorf hatte von jeher mit besonderer Liebe die Naturwissenschaften studirt; die größten Physiker Deutschlands waren seine Lehrer gewesen. Sein beträchtliches Vermögen setzte ihn in den Stand, jenem Studium recht mit Lust und Liebe nachzuhängen. Seine meisten Güter hatte er verpachtet; nur so viel hatte er für sich behalten, als er mit Hülfe einiger Domestiken gemäch-

lich verwalten konnte. Es blieb ihm noch Muße genug für sein Lieblingsfach übrig. Er war nicht verheyrathet. Aber in innigster Freundschaft lebte er mit der Familie des Pfarrers, dessen ältester Sohn sich vor allen übrigen mit kindlicher Liebe fest an ihn schmiegte. Ferdinand Hoym war ein liebenswürdiger Knabe, der seinen Eltern durch musterhaftes Betragen, durch Ordnungsliebe, Wißbegierde und Fleiß sehr viele Freude machte. In ältern und neuern Sprachen, in der Religion, in der Geographie und Geschichte hatte er sich schon ganz artige Kenntnisse erworben, und seit einem Jahre genoß er auch bey Waltersdorf Unterricht in der Mathematik. Ganz besonders schien sich der wackere Junge für dieses Fach zu interessiren. Er machte Fortschritte darin, wie man sie von seinem Alter nur erwarten konnte. Waltersdorf hatte ihm versprochen, auch die Naturlehre einmal abzuhandeln, sobald er den ersten Cursus der reinen Mathematik mit ihm geendigt habe. Hieranf freute sich denn

Ferdinand außerordentlich, besonders da er den Herrn Waltersdorf in dem Besitz so vieler schönen Instrumente wußte.

Eines Tages kam der junge Hoym zu Herrn Waltersdorf mit einem Zeitungsblatte, worin eine Luftreise angekündigt war, die der Franzose Garnerin in Frankfurt halten wollte. Dem guten Knaben schien diese Nachricht ausnehmend wichtig, und wiederholt äußerte er den Wunsch, ein solches Schauspiel mit ansehn zu können. Herr Waltersdorf besann sich nicht lange. Auch er hatte noch keinen Menschen so in die freye Luft steigen sehen. Frankfurt war ohngefähr zwölf Stunden von W... — „Wie wäre es, Ferdinand, wenn ich übermorgen (den Tag vor der Auffahrt) anspannen ließe und mit dir nach Frankfurt führe? Ich hoffe, deine Eltern werden uns die Erlaubniß dazu nicht versagen.“ — Ferdinand machte große Augen. Er wußte nicht, ob Herr Waltersdorf im Ernst gesprochen habe. Als er aber nicht

mehr daran zweiflen durfte, da wußte er sich vor Freuden nicht zu helfen. Er eilte nach Hause zu seinen Eltern, schneller als Waltersdorf ihm folgen konnte. Es kam bald mit der Reise in Richtigkeit, der dazu bestimmte Tag brach an, und die beyden Reisenden fuhren unter mannichfaltigen Erzählungen die Straße auf Frankfurt zu.

Die Hitze war an diesem Tage sehr drückend, und ließ ein Gewitter vermuthen. Wirklich zogen sich auch am Nachmittage gegen Südwest dicke Wolken zusammen, die immer näher auf die Reisenden losrückten. Ein schwarzer Schatten ruhte schon auf der ganzen Natur, der Donner, der vor einer halben Stunde in der Entfernung grunzte, hatte sich jetzt über ihr Haupt hingewälzt und brüllte fürchterlich. Feuerströme ergossen sich fast ununterbrochen auf die Erde herab. Die Pferde vor dem Wagen, einen solchen Kampf der Elemente nicht gewohnt, wurden stutzig, und erregten die Besorgniß, daß sie wild werden möchten. Auf einmal erhob

sich ein heftiger Sturm, und wirbelte den Staub in thurmhohen Wolken empor; bald folgte auch ein heftiger Platzregen, mit dicken Schloßen untermischt, welche Kutscher und Pferde zu erschlagen drohten. Ferdinand zitterte an der Seite des Herrn Waltersdorf. Auch diesem war nicht ganz wohl zu Muthe. Er hatte gehofft, noch vor Annäherung des Gewitters das letzte Dorf zu erreichen; aber es war entfernter noch, als er geglaubt hatte. Im freyen Felde mußten sie daher das Ende dieses furchtbaren und doch so wohlthätigen Schauspiels abwarten.

Nach und nach rauschte der Regen schwächer, die Wolken gegen Westen vertheilten sich, und hin und wieder kam daselbst das schönste Blau zum Vorschein, welches sich immer weiter von Westen nach Süden zu ausbreitete. Eine sanfte Kühlung war über die ganze Gegend ausgegossen. Die schmachtenden Fluren waren wieder erquickt. Die vor Ermattung niedergesunkenen Halme richteten sich wieder empor; kurz, frische Kräfte

hatte die ganze Natur gewonnen. Das letzte Dorf war längst erreicht. Da aber jetzt Alles im Freyen so einladend, so neu belebt war, und das sanfte Phänomen in Westen die furchtbare Erscheinung gen Osten immer weiter fortdrängte, so hielten unsere Reisenden es doch für besser, ohne Aufenthalt weiter zu fahren. Und so kamen sie denn, begleitet von dem schönsten Schauspiele der Natur, bald nach Untergang der Sonne in Frankfurt an. Waltersdorf hatte die letzte Stunde der Reise größtentheils damit hingebracht, seinem jungen Begleiter die Erscheinungen, welche sie eben erlebten, so gut zu erklären, als es ihm, bey dem Mangel gehöriger Vorkenntnisse von Seiten des Knaben, nur möglich war.

Ein anderes Schauspiel, nicht von der Natur, sondern durch die Kunst des Menschen angelegt, erwartete unsere Reisenden am folgenden Tage. Aber doch hatte die Natur auch dazu die Hauptvorkehrung getroffen. Das Wetter war herrlich. Tausende von Menschen

waren an dem Platze versammlet, wo die Auffahrt geschehen sollte; unter ihnen auch Waltersdorf und Hoym. Die Füllung des Ballons war geendet. Garnerin bestieg seine Gondel. Unter tausendzüngigem Vivat schwebte er eine Zeitlang an Stricken gehalten über dem Schauplatze; dann aber ließ er die Stricke los, und pfeilschnell, aber majestätisch hob er sich in die Lüfte.

Waltersdorf hatte nun wieder Stoff zu einer physikalischen Unterhaltung. Er erklärte seinem Schüler manches von der Entwickelung des leichten brennbaren Gases, von dem Aufsteigen des Ballons, und von den übrigen Mitteln sich in die Luft zu erheben. Dies führte ihn denn immer wieder auf andere Gegenstände der Naturlehre. Und so verging unsern beyden Leuten auch der übrige Theil des zweyten Tages.

Die Rückreise erfolgte am vierten Tage. Am dritten war Waltersdorf mit seinem jungen Freunde in den schönen Gefilden Frankfurts herumgeschwärmt.

Ferdinand konnte sich nicht satt sehen, an den vielen neuen Gegenständen, die sein Auge fand. Noch ehe sie am vierten Tage in ihrer Heimath anlangten, hatten sie die prächtige Erscheinung des aufgehenden Vollmondes zwischen ein Paar Berghügeln. Von solcher Größe, glaubte Ferdinand, habe er den Mond noch nie gesehen. Waltersdorf erklärte ihm, daß diese Größe nur Täuschung unserer Sinne sey; und da Ferdinand so manches begriffen, so manches auch nicht begriffen hatte, da durch die vielen Naturbegebenheiten seit ein Paar Tagen seine Lust zum Studium der Physik ganz ausnehmend gewachsen war, so erinnerte er Herrn Waltersdorf von neuem an das bewußte Versprechen mit größter Herzlichkeit.

Es war Sonntags früh, als wirklich der erste Unterricht in der Naturlehre begann. Waltersdorf führte seinen Schüler auf eine Anhöhe, die nahe vor dem Orte lag. Hier machte er ihn auf alle Gegenstände, die sie in der Nähe und in der Ferne erblickten,

aufmerksam, auf die Wälder und Berge, auf die hohe Linde ihnen zur Seite, und auf das kleinste Grashälmchen unter ihren Füßen; auf die Kühe, die in einiger Entfernung weideten, und auf die Ameise, die eben über Herrn Waltersdorfs Knie kroch; auf die Sonne am Himmel, und auf das kleinste Sandkörnchen, das an Ferdinands Finger klebte; auf das Wasser, das neben ihnen hinrauschte, und auf das Thautröpfchen an dem Grashälmchen; auf die Luft, die beyde umwehte, und auf die Düfte der Kräuter, die sie umgaben; auf das Licht der Sonne, das sie erleuchtete und erwärmte, und auf so vieles andere, das in ihre Sinne fiel. Sieh', Ferdinand, das Alles ist es, was das Wort Natur oder Welt umfaßt. Alles was unser Auge erblickt und unser Gefühl wahrnimmt, sind Naturkörper, Gegenstände der so erhabenen Naturwissenschaft, wovon die Naturlehre (Physik) nur ein Zweig ist.

„Auch ausströmende Blumendüfte," fiel Ferdi-

nand ein, „rechnet man unter die Körper?“ — Aber man sieht und fühlt sie ja nicht!“

Allerdings fühlen wir sie, erwiederte Herr Waltersdorf, zwar nicht mit den Fingern, aber mit den Werkzeugen unseres Geruchs. Auch das Sonnenstäubchen fühlst du nicht; du siehst es nicht einmal, sobald die Sonne nicht in's Zimmer scheint, und doch ist es ein Körperchen. Sollte nun wohl ein Sonnenstäubchen das kleinste Körperchen in der Natur seyn? — Wer wollte so etwas behaupten! Es gibt sicher millionenmal, billionenmal kleinere Körperchen, die viel zu subtil sind, als daß unsere Sinne sie eben so, als größere Körper wahrnehmen könnten. Ich werde dir bald hiervon sehr auffallende Beyspiele erzählen.

„Aber ist das Bild im Spiegel ein Körper? und ist auch der Schatten ein Körper? Ich meyne, was gar keine Dicke besitzt, könnte auch kein Körper seyn.“

Das Bild im Spiegel ist freylich ein Körper; es ist ja der davor oder daneben befindliche Körper selbst,

den wir nur an einer andern Stelle sehen. Bey der Lehre vom Lichte wird gezeigt, wie Strahlen von einem Körper auf den Spiegel fallen, und wie sie von diesem zurückgeworfen werden. Nach der Richtung der zurückgeworfenen Strahlen erblicken wir den Körper, wenn wir das Auge auf die Spiegelfläche heften. Aber der Schatten ist kein Körper. Schatten ist ja Mangel des Lichts hinter einem undurchsichtigen Körper, Schatten ist folglich mit Dunkelheit einerley; und wie könnte man Dunkelheit Körper nennen?

Mit allen Naturkörpern gehen nun stets, bald mehr bald weniger, auffallende Veränderungen vor, und diese Veränderungen sind es eben, welche man Naturerscheinungen, Naturbegebenheiten, Phänomene nennt. So ist nicht blos der Regenbogen, durch die Brechung und Zurückwerfung der Sonnenstrahlen in Regentropfen gebildet, sondern auch der Regen selbst, eine Naturerscheinung. Der Thau, der Nebel, der Schnee, das Gewitter ꝛc. sind lauter Phänomene.

Daß der Magnet Eisen anzieht, ist eben so wohl ein Phänomen, als daß der Stein, welchen ich in die Höhe werfe, auf die Erde zurückfällt. Der Physiker gibt sich alle Mühe, recht viele Erscheinungen an Körpern wahrzunehmen, und zwar hauptsächlich an unorganischen Körpern, oder an solchen, die keine Organe, d. h. keine Werkzeuge zur Erhaltung und Fortpflanzung besitzen, wie an Mineralien, an Luft, Wasser u. s. w.

Beobachtungen allein, theils mit, theils ohne Werkzeugen, würden nicht immer hinreichen, die Beschaffenheit der Körper und die Erscheinungen, welche sie bewirken, richtig zu erklären. Der Physiker setzt auch die Körper durch Hülfe von Instrumenten in einen andern Zustand, d. h. er macht Versuche oder Experimente. Dadurch lernt er oft nicht blos ganz neue Eigenschaften der Körper kennen, wie z. B. durch Versuche mit der Luftpumpe, mit der Elektrisirmaschine, mit Brenngläsern, Brennspiegeln u. d. gl., sondern er kann dadurch auch oft sehr merkwürdige Naturerschei-

nungen im Kleinen nachahmen, z. B. ein Gewitter, einen Regenbogen u. s. w.; und solche Versuche sind denn ganz vorzüglich angenehm und lehrreich.

Wenn nun Beobachtungen und Versuche mit aller Genauigkeit wiederholt werden, so kann man daraus Regeln und Naturgesetze ableiten, welche zur Erklärung sehr mannigfaltiger Phänomene dienen. Bisweilen muß man sich jedoch mit Hypothesen behelfen, d. h. man muß annehmen, die Erscheinung trage sich auf diese oder jene Art zu. Eine solche Annahme muß nur den höchsten Grad von Wahrscheinlichkeit haben, nicht gegen allgemein anerkannte Naturgesetze streiten, und die Phänomene ganz ungezwungen und ohne Widerspruch erklären, wenn sie die Stelle der völligen Gewißheit ersetzen soll. — Von allen diesen Sachen, lieber Ferdinand, sollst du nun bald genauere Kenntnisse erlangen.

Zweytes Kapitel.

Über Ausdehnung, Porosität, Impenetrabilität und Theilbarkeit der Körper.

Du magst dir einen Körper denken, welchen du willst, — fuhr Herr Waltersdorf fort, — er nimmt immer an der Stelle, wo er sich befindet, einen gewissen Raum ein, er hat eine gewisse Länge, Breite und Dicke, das kleinste Sandstäubchen, Puderstäubchen, Spinnenfädchen rc. so gut als der größte Fels, ja als die ganze Erde selbst. Man sagt daher: jeder Körper ist ausgedehnt. Diese allgemeine Eigenschaft fehlt selbst denjenigen Körpern nicht, welche wir nicht mit bloßen Augen und nicht mit dem Sinne des Gefühls

wahrnehmen. Manche von diesen Körpern, die nicht gar zu klein sind, stellen sich erst durch Hülfe eines guten Mikroskops mit einer gewissen Ausdehnung vor unser Auge; andere aber mit dem besten Mikroskop nicht einmal.

Von den Gränzen der Ausdehnung hängt die Gestalt des Körpers ab. Oft ist diese Gestalt sehr regelmäßig, selbst bey sehr kleinen Körperchen, wie bey verschiedenen Mineralien, bey Salzen, Schneeflocken u. s. w.; und dann nennt man die Körper Krystalle, ihre Gestalt eine krystallinische Gestalt. Dem Schöpfer gebührt schon dafür die höchste Anbetung, daß er Kräfte in die Natur legte, welche die Theilchen vieler Körper so regelmäßig ordneten; dem Menschen darf man Bewundrung zollen, daß er im Stande war, durch Hand und subtile Werkzeuge ausnehmend kleinen Körperchen, eine sehr regelmäßige Bildung zu geben. In dem Kunstkabinet zu Dresden befindet sich ein Kirschkern, woran 180 menschliche Gesichter mit vieler Ge-

nauigkeit eingeschnitten sind. Ein Pariser Künstler verfertigte vor einigen Jahren goldene und eiserne Ketten, jede von 360 Ringen, an deren einem Ende eine massive Kugel von ebendemselben Metalle angeschlossen war. An das andere Ende wurde ein Floh mit einem Fuße angefesselt. Dieses Thierchen sprang mit der ganzen Kette davon. Wie außerordentlich klein muß nicht ein einzelnes Ringchen gewesen seyn, wenn man bedenkt, daß die Kette aus einem so schweren Metalle bestand. Derselbe Künstler hatte auch eine vierrädrige Kutsche von Gold verfertigt, die auf vier stählernen Schwungfedern ruhte. In der Kutsche saßen zwey Personen, und ein Kutscher saß auf dem Bocke. Vorderwagen und Räder waren beweglich, und das ganze Fuhrwerk wurde von einem Floh gezogen. Verbinger, wenn ich nicht irre ein Augsburger, hatte mit erstaunlicher Geschicklichkeit aus einem Pfefferkorne eine Dose gearbeitet, worin noch 1200 andere kleinere elfenbeinerne Dosen eingeschlossen waren. Jede

dieser kleinern Dosen war mit einem Fuße versehen und am Rande vergoldet. — In der That übersteigt dies beynahe allen Glauben; und doch könnte ich dir von andern wahrhaften Künstlern noch mehrere ähnliche, nicht minder bewundernswürdige Beyspiele erzählen.

Die Gestalt vieler, sehr kleiner Körperchen, ist erst dann sichtbar, wenn wir die Körperchen durch ein gutes Vergrößerungsglas betrachten. Da erstaunen wir z. B. bey einer Menge Sandstäubchen über den Unterschied in der Größe und Gestalt, die wir mit bloßen Augen für völlig gleich und ähnlich hielten; da sehen wir, wie manche wohl sechsmal größer sind, als andere; wie einige viele Ecken haben; wie Spinnenfäden und das feinste Gewebe, die wir für so ganz gleichförmig dick hielten, Auswüchse und Gruben besitzen; da erkennen wir erst recht die Schwäche unseres edelsten Sinnes, auch in dem bestmöglichsten Zustande.

Nun, lieber Ferdinand, denke dir einmal so

viele und so große Körper als du willst; der Raum den jeder Körper einnimmt, hat eine gewisse Größe, und diese nennt man das Volumen des Körpers. Du kannst dir ferner vorstellen, daß jeder Körper aus lauter Theilchen zusammengesetzt ist; solche Theilchen nennt man Materie des Körpers. Die ganze Summe der Materie heißt Masse. Endlich denk dir einmal mehrere verschiedenartige Körper von einerley Volumen, z. B. lauter Kugeln von einerley Durchmesser. Es werden nicht alle gleichviel Materie in sich enthalten; mancher wird mehr enthalten, mancher weniger. Derjenige, welcher mehr enthält, ist dichter, als ein anderer, welcher weniger enthält. So ist Gold dichter als Eisen; Eisen dichter als Holz; Wasser dichter als Luft, u. s. w. Wenn ich dir aber eine hölzerne Kugel zeigen wollte, die mit der eisernen eine gleiche Summe von Materie (gleich viel Masse) enthielte; wie würdest du dir eine solche hölzerne Kugel vorstellen? — „Ihr Volumen,“ antwortete Fer=

dinand ganz richtig, „würde viel größer seyn, als das Volumen der eisernen Kugel.“

Bey einem Körper, der dichter ist — fuhr Herr Waltersdorf fort, — müssen natürlich die Theilchen näher an einander liegen; aber nie liegen doch die Theilchen so nahe an einander, daß nicht noch kleine Räume dazwischen sich befänden, die ohne Materie wären Ganz vollkommen dichte Körper gibt es nicht. Sie enthalten noch immer unermeßlich viele Zwischenräume, Höhlen oder Poren; und solche Poren verstatten denn oft wieder andern fremden Körpern den Eingang. Das sehen wir am auffallendsten an dem Schwamme, am Löschpapier, an manchen leichten Holzarten ꝛc., deren Poren sehr leicht Wasser aufnehmen, weil sie nicht bloß in Menge vorhanden, sondern vorzüglich weil sie so groß sind, daß man sie schon mit bloßen Augen wahrnehmen kann. Körper, die so viele und so große Poren haben, heißen locker in Vergleich mit andern, die eine geringere Anzahl und kleinere enthalten.

Daß die Porosität eine allgemeine Eigenschaft der Körper ist, daß selbst die dichtesten Körper nicht davon ausgeschlossen sind, werde ich dir gleich durch einige Beyspiele und Versuche beweisen. — Beyde Freunde waren so eben von ihrem Spaziergange zurück in Herrn Waltersdorf Hause angekommen.

Ferdinand mußte zuerst durch ein gutes Mikroskop sehen, unter dessen Gläsern kleine Stückchen von verschiedenen harten Holzarten lagen. Und da staunte er über die vielen Höhlen und Löcher, die in dem Holze waren. Nun wurde ein eben so kleines Elfenbeinstück untergelegt; und dieselbe Erscheinung wie bey den Holzstückchen stellte sich vor das Auge unseres jungen Beobachters. Darauf brachte Herr Waltersdorf eine ohngefähr 5 Zoll weite und 16 Zoll hohe gläserne Röhre, wie Fig. 1. Taf. I., herbey, in deren oberer Oeffnung ein hölzerner Becher mit dicken Wänden und dickem Boden fest eingekittet war. Er that Quecksilber in diesen Becher, und setzte die Röhre

mit ihrer unteren Oeffnung auf den Teller einer Luftpumpe. Dann fing er an, die Luft aus der Röhre herauszupumpen, und kaum hatte er einige Züge gethan, als auch schon das Quecksilber unten aus den Poren des Holzes hervorquoll, und in Gestalt eines Silberregens auf den Teller der Luftpumpe herabfiel. Die äußere Luft drückte nämlich das Quecksilber durch die Poren des Holzes, weil sie unter dem Boden des Bechers keinen, oder doch nur einen geringen Gegendruck fand.

Noch leichter läuft auf diese Art das Wasser durch die Poren des Holzes, und eben so läuft auch das Wasser durch die Poren einer Eyerschale, sprach Herr Waltersdorf weiter, indem er ein gläsernes Gefäß wie Fig. 2., auf den Teller der Luftpumpe setzte. In dem obern, ebenfalls offenen Theile des Gefäßes, war eine Eyerschale eingekittet, die er zum Theil mit Wasser füllte. Nach einiger Verdünnung der Luft in dem Gefäße, lief das Wasser insgesammt durch die

Poren der Eyerschale. — Die Porosität des Leders, der Häute, der Blasen und anderer Körper, fuhr er fort, kann man auf ähnliche Art beweisen.

Jetzt zeigte Herr Waltersdorf zwey genau auf einander schließende Glasplatten vor, zwischen die er Goldblättchen gelegt hatte. Ferdinand mußte sie gegen das Licht halten, und er konnte durch das Gold hindurchsehen. Nun wurde eine zinnerne inwendig mit Wasser gefüllte Kugel, die wieder genau zugelöthet und außerhalb ganz trocken war, herbeygeholt, und mittelst eines Schraubstocks vorsichtig zusammengepreßt. Da schwitzte denn das Wasser aus den Poren des Zinns heraus. Nun wurde eine Magnetnadel, wie A Fig. 3. auf den Tisch gestellt, Herr Waltersdorf nahm einen Magnet C in die Hand, und Ferdinand mußte erst ein dickes Bret B, dann eine Kupferplatte, darauf eine Glasplatte und noch mehrere andere Körper zwischen die Magnetnadel und zwischen den Magnet halten. So

wie Herr Waltersdorf die Pole des Magnets hin und her bewegte, so bewegte sich auch die Magnetnadel. Er hatte es ganz in seiner Gewalt, das pfeilförmige Ende der Nadel oder das andere Ende nach B hinzulenken.

Aus allen diesen Versuchen schließt man — fuhr er fort — daß kein Körper ohne Poren ist. Nämlich Wasser dringt durch die Poren der Körper, Lichtmaterie strömt durch die Poren der Körper, magnetische Materie wirkt durch die Poren der Körper. Halten wir unsere Finger gegen die Sonne, so erscheinen auch diese durchsichtig. Die Poren der menschlichen Haut kann man aber schon mittelst eines guten Mikroskops zählen. Auf eine Linie kommen ohngefähr 120; folglich auf eine Quadratlinie 120 mal 120 oder 14400; auf einen Quadratzoll 14400 mal 144 oder 2073600; und auf einen Quadratfuß 2073600 mal 144 oder 298,598400 Poren. Die Ausdünstung unseres Körpers geschieht bekanntlich durch diese Poren.

Ferdinand hatte alles recht wohl begriffen; nur wunderte es ihn, daß die Durchsichtigkeit als ein Beweis der Porosität angegeben wurde. An lockerm Holze, an Schwämme und an manchen andern lockern Körper, meynte er, könne man die Poren zählen, und an Glase, das doch viel durchsichtiger wäre, ganz und gar nicht. Ob man denn nicht sagen dürfe, fragte er, je durchsichtiger ein Körper ist, desto größer ist er?

Das darf man keineswegs, erwiederte Herr Waltersdorf. Bey dem Hindurchlassen der Lichtmaterie kommt es nicht sowohl auf Größe und Menge der Poren, als auf die Lage derselben, und auf die Lage der Körpertheilchen überhaupt an. Bey Glase und ähnlichen durchsichtigen Körper ist nun diese Lage gerade so, daß der Durchgang der Lichtstrahlen vorzüglich gut von statten gehen kann. Bey Holz, bey Metallen ꝛc. ist es anders. Wenn man den Hydrophan, einen halbdurchsichtigen Stein, der zu dem Geschlecht der Agathe gehört, in Wasser legt, ihn nachher wieder her-

ausnimmt und mit einem Tuche abtrocknet, so wiegt er mehr und ist durchsichtiger geworden, als er vorher war, ehe man ihn in's Wasser legte. Das Wasser war nämlich in die Poren des Steins gedrungen und hatte dadurch den Stein schwerer gemacht. Bey dem Hineindringen hatte es die Luft aus den Poren getrieben, die man auch wirklich in Bläschen emporsteigen sieht. Die Ursache, warum er durchsichtiger wurde, werde ich bey der Lehre vom Lichte angeben.

Aber hier, lieber Ferdinand, habe ich ein Bret. (Fig. 4. Taf. I.) In der Mitte des Brets befindet sich ein Loch, und durch das Loch ist ein Stab gesteckt, an jedem Ende mit einem runden Knoten, dessen Dicke die Weite des Loches übertrifft. Wie ist der Knoten durch das Loch gekommen? Und wie wäre er wieder herauszubringen?

Ferdinand meynte anfangs, Knoten und Stab wären nicht aus einem Stücke geschnitten, sondern erstere wären auf den Stab festgeleimt. Als er sich aber

vom Gegentheil überzeugt hatte, da kam ihm das Kunststück etwas wunderbar vor. Er mußte die Erklärung seinem Lehrer überlassen. Wenn Wasser in die Poren des Holzes dringt, sagte dieser, so treibt es die Holztheilchen immer etwas von einander. Dadurch gewinnt der Körper an Volumen, d. h. er quillt auf. Dieses sehen wir oft an Thüren und Fenstern, welche sich dann nicht gut öffnen und schließen. Wollte ich den Stab aus dem Brete herausziehen, so brauchte ich nur den einen Knoten in einem Schraubstocke zusammenzupressen. Ist er heraus, so brauche ich ihn nur eine Zeitlang in Wasser zu legen, wo er dann bald wieder zu seiner anfänglichen Dicke aufquillt. Eben so mache ich es auch, wenn ich ihn wieder durch das Loch stecken will. Wer von dem Zusammenpressen und Aufquellen nichts weiß, dem kommt das Kunststück sehr wunderbar vor. Man schnitzt übrigens den Stab aus weichem, oder doch wenigstens aus grünem Holze.

Gefäße aus hartem Holze springen leicht, wenn

man Wasser oder eine andere Flüssigkeit hinein thut. Das Wasser dringt da vielleicht nur bis zur halben Dicke des Gefäßes in die Poren, und treibt natürlich nur da die Holztheilchen von einander. Es findet mithin eine ungleiche Spannung der ganzen Holztheilchen statt; und eine solche ungleiche Spannung ist fast immer die Veranlassung zu einer baldigen Trennung der Theilchen, zu einem baldigen Springen oder Brechen. Schneller springen sie durch warmes Wasser, weil durch Wärme die Luft schneller aus den Poren vertrieben wird. Gefäße aus lockerm Holze springen deswegen nicht so leicht, weil da das Wasser sich in alle Poren des Holzes hineinzieht, folglich alle Holztheilchen ziemlich gleichmäßig von einander getrieben und gespannt werden.

Da die Lufttheilchen so außerordentlich subtil sind, so dringen sie auch in sehr kleine Poren der Körper ein, und bleiben darin sitzen, bis ein anderer Körper mit Gewalt sie daraus vertreibt. So wurde in den vorigen Beyspielen Luft durch Wasser aus den Poren des Hol-

zes verjagt. Denn sobald Wasser in die Poren des Holzes dringt, so kann nicht auch zugleich Luft darin bleiben, eben so wenig als da — hier tauchte Herr Waltersdorf seine Hand in Wasser — Wasser sich befinden kann, wo meine Hand sich befindet. Den Raum, den ein Körper erfüllt, kann nicht zu gleicher Zeit auch ein anderer Körper einnehmen. Will er ihn einnehmen, so muß er erst jenen Körper daraus verdrängen. Diese Eigenschaft der Körper, durch ihre Materie keinen andern Körper hindurchzulassen, wird Undurchdringlichkeit oder Impenetrabilität genannt.

Wenn Menschen auf der Erde herumgehen, so müssen sie die Luft eben so vor sich hin= und neben sich hinwegtreiben, als sie das Wasser von sich schieben, wenn sie sich im Wasser fortbewegen, mit dem Unterschiede, daß zu letzterer Arbeit ein größerer (in ruhigem Wasser ein etwa 800 mal größerer) Aufwand von Kräften gehört. Die abgeschossene Kugel, welche so schnell durch

die Luft fliegt, daß sie in außerordentlich kleinen Zeittheilchen immer an einer andern und andern Stelle der Luft sich befindet, muß eben so die Luft beständig von sich hinwegtreiben; wegen der großen Geschwindigkeit ist dieses stets mit einem Geräusche (einem Pfeifen) verbunden.

Die interessantesten Versuche über die Undurchdringlichkeit sind diejenigen, welche man mit der Luft anstellt. Wenn man einen Trichter genau in den Hals einer Bouteille kittet, und ihn voll Wasser gießt, so läuft das Wasser nicht in die Bouteille, weil Luft darin ist, die nicht entweichen kann. Setzt man den Trichter los in den Hals der Bouteille, so läuft das Wasser hinein, weil dann die Luft, die zwischen dem Trichter und dem Halse der Bouteille einen Ausweg findet, dem Wasser Platz macht.

Wenn man, Fig. 5. Taf. I., ein gläsernes Gefäß mit Wasser füllt, auf die Oberfläche des Wassers ein auf eine Korkscheibe oder auf ein Korkkreuz befestigtes

brennendes Licht setzt, und dieses Licht mit einer weiten, oben verschlossenen gläsernen Röhre bis auf den Boden des Gefäßes im Wasser senkrecht hinunter drückt, so bleibt das Licht brennen. Der Raum, worin das Licht brennt, ist mit Luft erfüllt, die beym senkrechten Herunterſenken der Röhre nicht ausweichen konnte; und wo Luft ist, kann nicht zugleich auch Wasser seyn. Das Licht brennt aber nach und nach schwächer, und erlischt endlich von selbst, weil durch die Flamme nach und nach der zum Brennen und Athmen dienende Bestandtheil der Luft (der Sauerstoff) verzehrt wird. Die Luft in der Röhre erleidet dadurch natürlicherweise eine Verminderung; deswegen ist auch das Wasser etwas in der Röhre hinaufgestiegen. Schon durch das Hinunterdrücken der Röhre im Wasser ward die innere Luft etwas zusammengepreßt.

Denkt man sich statt des Gefäßes das offene Meer, und statt der Röhre eine große metallene Glocke (von Bley), so hat man die sogenannte Taucherglocke,

womit Menschen sich bis auf den Grund des Meeres herablassen können. Die Glocke hängt nämlich zwischen ein Paar mit Balken vereinigten Fahrzeugen an Stricken, die um Rollen oder um einen Haspel gehen. Sie wird gewöhnlich noch mit Gewichten beschwert, damit sie desto sicherer untersinke. Unter der Glocke ist ein Sitzbret befestigt, auf welches der Mensch sich setzt. Dieser hat dann seinen Kopf in dem mit Luft erfüllten Raume, den die Glocke einschließt. Wird nun die Glocke durch Personen, welche auf den Fahrzeugen sich befinden, mit Hülfe des Rollenzuges oder des Haspels im Wasser heruntergelassen, so kömmt kein Wasser in den Raum der Glocke, worin der Mensch sein Gesicht hat. Er kann also unter Wasser athmen, er kann auch, wenn er ein Taucher ist, von seinem Sitze aufstehen, vielleicht um auf dem Grunde des Meers Kostbarkeiten u. d. gl. aufzusuchen; er kann auch von Zeit zn Zeit unter seine Glocke zurückkehren, wenn er Luft schöpfen muß. Freylich wird die Luft in der Glocke

durch das Athmen nach und nach unbrauchbar; und das Leben des Menschen würde darin nach einiger Zeit eben so erlöschen, als das Licht in der Röhre Fig 5. erlöschte, wenn nicht der Mensch früh genug den über dem Wasser befindlichen Personen ein Zeichen zum Emporziehen der Glocke geben könnte. Dies Zeichen kann in dem Ziehen einer Schnur bestehen, die, an den Arm des Menschen befestigt, sich beym Heruntersenken der Glocke oben von einer Spindel abwickelt, und oben etwa mit einer Schelle verbunden ist. — Man darf übrigens annehmen, daß, wenn 25 Kubikfuß Luft in der Glocke enthalten sind, der Mensch eine Stunde lang zu athmen hat.

So gut als in der freyen Luft athmet der Mensch unter der Glocke keinesweges, nicht blos deshalb, weil die Luft bey fortgesetztem Athmen doch immer an ihrer Güte verliert, sondern auch wegen ihres zusammengedrückten, folglich verdichteten Zustandes unter Wasser. Noch einmal so dicht wird sie, wenn die Glocke 32

Fuß tief unter süßem Wasser ist; noch dichter wird sie unter dem schwerern Meerwasser. Wirklich haben wir auch ein Beyspiel, daß ein Mensch unter der Taucherglocke erstickt ist, nämlich der Schottländer Spalding am 2ten Junius 1783. bey Dublin in Irland.

Manche Körper nehmen in ihrer Verbindung mit andern weniger Raum ein, als sie einzeln erfüllten, und werden folglich dichter dadurch, z. B. Alkohol und Wasser, Kupfer und Zink. Unwissende könnten hiervon leicht auf eine scheinbare Durchdringung schließen, obgleich jene Erscheinung blos davon herrührt, daß bey der Vereinigung jener Körper in der Lage der Theilchen und in der Gestalt der Poren eine Veränderung vorgeht, welche den Raum vermindert, den die Körper vorher einnahmen. Bey zusammengeschmolzenem Kupfer und Zink, um Messing zu bilden, ist die Dichtigkeit ohngefähr $\frac{1}{10}$ größer geworden.

Dieses Stück Papier von der Größe eines Kreuzers, zerschneide ich in kleinere Stücke von der Größe

einer viertel Linse. Ein solches kleines Stückchen zerschneide ich wieder in kleinere Stückchen; aber bald muß ich aufhören, weil theils die Scheere nicht fein genug mehr ist zum weitern Zerschneiden, theils meine Finger nicht subtil genug mehr sind, das kleine Stückchen Papier zu halten. Ein Stückchen Kreide aber kann ich in kleinere Stückchen zerreiben, und die ganz kleinen Kreidetheilchen kann ich oft noch in kleinere zerdrücken. Aber auch hier komme ich wieder an eine Gränze der Theilung, weil meine Instrumente zum weitern Zerkleinern den Dienst versagen, auch wohl die Sinne meines Gesichts und meines Gefühls mir glauben lassen, daß gar keine weitere Theilung mehr möglich sey.

Daß Theilbarkeit eine allgemeine Eigenschaft der Körper ist, daran braucht Niemand zu zweifeln. Aber wie weit die Theilbarkeit der Körper geht, das wissen wir nicht. Erfahrung und Beobachtung zeigen

uns immer gewisse Gränzen der Theilbarkeit, die wir uns freylich noch sehr erweitert denken können.

Daß sich die Theilbarkeit mancher Körper sehr weit erstreckt, sehen wir an einer Menge Beyspielen, wovon ich dir jetzt die frappantesten mittheilen will.

Der berühmte französische Mineralog Hauy theilte ein $\frac{4}{9}$ Linie dickes Stück Mica (ein glänzendes Mineral, das sich leicht abblättern läßt) in 23255 für sich bestehende Lamellen. Jede Lamelle hatte folglich die Dicke von $\frac{4}{209295}$, also ohngefähr $\frac{1}{52324}$ einer Linie. Robert Boyle, ein Irländer, ließ einen Gran Gold so breit schlagen, daß er damit eine Fläche von 50 Quadratzollen oder (da 1 Quadratzoll 144 Quadratlinien enthält) 7200 Quadratlinien bedecken konnte. Eine Linie theilte Boyle in 50 Theile ein; eine Quadratlinie zerfiel mithin in 50 mal 50 oder 2500 kleinere Quadrate. Dies gab für jene 7200 Quadratlinien 18,000000 kleinere Quadrate. Der Gran Gold ließ sich also in 18 Millionen Theile theilen, wovon jeder unter

einem Mikroskope wieder zu einem Blatte Gold wurde. Denkt man sich die Seite eines solchen Goldblattes in 50 Theile, mithin das Goldblatt selbst in 50 mal 50 oder 2500 Theile getheilt, so kämen auf den Gran Gold 45000,000000 Theilchen, die unter dem Mikroskop immer noch als merkliches Gold erscheinen müßten. Nun theilte der berühmte Mechanikus Brander in Augsburg bey seinen Maaßstäben auf Glas, die Linie in 200 Theile ein. Dies gäbe für obige 7200 Quadratlinien 288,000000 Theilchen, und statt der letzt genannten 45 tausend Millionen Theilchen 720,000,000,000.

Die goldenen Tressen sind bekanntlich von übergoldetem Silber gemacht. Die Golddrathzieher in Frankreich bedecken ohngefähr mit einer Unze Blattgold, zuweilen mit vier Dukaten und mit noch weniger Gold, einen silbernen 22 Zoll langen und 15 Linien dicken Cylinder. Dieser wird dann durch immer engere und engere Löcher des Zieheisens gezogen, und erreicht endlich eine Länge von 97 französischen Meilen. Durch Wal-

zen getrieben und platt gedrückt, wird er um $\frac{1}{7}$ länger, folglich 111 Meilen lang. Dabey ist das Gold immer mit dem Silber zusammenhängend geblieben, und hat zuletzt wohl kaum die Dicke vom Milliontheil einer Linie. Recht gut können wir uns den platten Draht zweymal gespalten gedenken. So würde er eine Länge von 444 französischen Meilen einnehmen. Die alte französische Meile enthält 2282 Toisen; die Toise 6 Fuß; folglich machen jene 444 Meilen eine Länge von 6,079248 Fuß oder 875,411712 Linien. Theilt man die Linie, wie Brander, in 200 Theile ein, so ist der Draht lang 175082,342400 solcher Theilchen, wovon man jeden noch mit bloßen Augen unterscheiden kann. Leicht kann man die Theilung bis auf Billionen fortsetzen. In so viele Theilchen sind die 3 oder 4 Stück Dukaten getheilt worden!

Löst man einen Gran Phosphor in 21 Unzen Weingeist auf, und sprengt einen Tropfen davon im Dunkeln auf Wasser, so zeigt sich auf dem Wasser

ein kreisförmiges Licht, das über $\frac{1}{2}$ Quadratzoll beträgt. Eine Drachme enthält gegen 440 Tropfen von jener Flüssigkeit, folglich eine Unze 3520, und 21 Unzen 73920 Tropfen. Das Licht von allen diesen Tropfen würde 36960 Quadratzoll oder 256 Quadratfuß einnehmen. Kann man, wie bey Branders Maaßstäben, $\frac{1}{2000}$ einer Linie unterscheiden, so macht dieß bey einem Quadratfuße 4,135000, und bey jenen 256 Quadratfüßen 1058,560000 Theilchen, die noch alle mit einem eignen Lichte leuchten.

Merkwürdige Beyspiele von sehr feinen Theilungen geben auch die färbenden Stoffe, z. B. der Karmin und das Dresdner Wunderblau. Ein viertel Gran von letzterm färbt 60 Pfund Wasser sehr schön hochblau. Nun sind wohl eine Million Tropfen in dem Wasser enthalten. Streicht man einen einzigen gefärbten Tropfen auf weißes Papier, so verbreitet er sich gewiß wieder in eine Million Theile, die man mit einem guten Mikroskop noch unterscheiden kann. Folglich haben in den

Paar Körnchen Wunderblau wenigstens eine Billion kleinerer Theilchen gesteckt, wovon jedes unter dem Mikroskope noch als wahres Wunderblau erscheint. Nun bedenke, lieber Ferdinand, daß sich Gold in Königswasser (Scheidewasser mit Salzsäure vermischt) und Kampfer im Weingeist so auflösen läßt, daß man mit dem allerstärksten Vergrößerungsinstrumente kein Goldtheilchen und kein Kampfertheilchen entdeckt. Wie klein mag nun nicht ein solches Theilchen geworden seyn! Nur bey der Vereinigung der Theilchen, durch Niederschlag (mittelst der Schwefelleber) von der auflösenden Flüssigkeit getrennt, werden sie wieder sichtbar.

Von manchen wohlriechenden Flüssigkeiten füllt ein einziger Tropfen, durch langsames Verdampfen über Feuer, große und weite Säle an allen Stellen mit merklichem Geruch an. Vergleicht man nun das Volumen des Saales mit dem Volumen des Tropfens, von dem die Ausflüsse sich verbreiteten, so übersteigt die Feinheit der einzelnen Theilchen alle Vorstellung. Dasselbe

ist auch mit andern riechenden Sachen der Fall. So verbreitet ein einziger Gran Moschus in einem luftigen Zimmer oft mehrere Jahre hindurch einen starken Geruch. Papiere, die daneben gelegen, kann man durch ganz Europa schicken, und sie behalten noch immer den Moschusgeruch bey, verlieren also noch immer Theilchen, die unsere Geruchswerkzeuge afficiren. Denken wir ferner an Lichtmaterie, an Wärmestoff, an die elektrische und magnetische Materie ꝛc., welche alle auch bey dem dichtesten Zusammendrängen ganz unmerklich wägbar sind, so muß unser Begriff von außerordentlich feinen Theilungen auf die größte Höhe gelangen.

Aehnliche Betrachtungen über feine Theilungen können wir auch bey lebendigen Geschöpfen anstellen. Der Franzose Reaumur beobachtete an größern Spinnen, daß sie aus jeder ihrer sechs Spinnwarzen, die nicht dicker als eine dünne Nadel sind, eine sehr große Menge abgesonderter Fäden ziehen, deren er oft 70 bis 80 zählte, obgleich ihrer oft über 1000 da seyn

mochten. Nun giebt es aber Spinnen, die fast nicht mit bloßen Augen zu erkennen sind. Wie außerordentlich fein mögen nicht die Fädchen seyn, welche diese Thierchen aus sich hervorarbeiten.

Der berühmte Naturforscher Musschenbroek entdeckte in Wasser, welches er auf Pfeffer gegossen hatte, sogenannte Infusionsthierchen, welche ihrem körperlichen Inhalte nach tausend Millionen Mal kleiner waren als ein Sandkörnchen. Der Franzose Malezieux fand schwimmende Thierchen, deren Größe 27 Millionen Mal geringer war als die einer Käsemilbe. Bedenkt man nun, daß diese Thierchen, die gewiß noch lange nicht die kleinsten in der Natur sind, alle zum Leben erforderliche Theile haben, als Kopf, Brust, Eingeweide, Herz, Adern, Nerven u. s. w., ferner, daß jeder dieser Theile wider aus Theilchen besteht, so verliert man sich ebenfalls beynahe in der Vorstellung des außerordentlich feinen Theilungsvermögens.

Wilke, ein schwedischer Gelehrter, entdeckte auf dem Boden schon gebrauchter Trinkgläser einen weißen kaum sichtbaren Schleim, der sich in die Höhe hob, wenn man Wasser in die Gläser goß. Wie staunte er, als er diesen Schleim mit einem guten Mikroskop betrachtete! Er verwandelte sich augenblicklich in ein schönes Gewächs, das aus mehreren Stauden bestand. Jede Staude hatte ihre Aeste und Zweige; und schwarze Tüpfelchen darin, die mit der stärksten Vergrößerung nicht weiter zu erkennen waren, machten wahrscheinlich die Früchte der Pflanze aus. Nimmt man nun an, daß dieses Gewächs sich auch durch Wurzeln und Saamen fortpflanzt, so kann man wieder Schlüsse ziehen, über die ausnehmende Feinheit seiner Theilchen.

Die Dicke von sehr feinen Körperchen in Theilen einer Linie anzugeben, ist ein eben so leichtes als merkwürdiges Verfahren. So findet man die Dicke des menschlichen Haares $\frac{1}{50}$ einer Linie. Man wickelt nämlich das Haar auf einen Bleystift oder auf eine dünne

Glasröhre, schiebt es dicht zusammen, mißt das bewickelte mit einen Zirkel und zählt dann alle dazwischen liegende Fäden. Dividirt man nun die Anzahl der Fäden in die gefundene Länge, so ergiebt sich die Dicke eines einzelnen Haares. 50 Haare sind in der Länge einer Linie enthalten, folglich ist ein Haar $\frac{1}{50}$ Linie dick. — Freylich sind nicht alle Haare von einerley Dicke.

Auf ähnliche Art bestimmte Benjamin Thompson, jetziger Graf Rumford, die Dicke eines Fadens, den der Seidenwurm aus dem Maule spinnt. Er fand ihn $\frac{1}{1824}$ englische Zoll dick. — Der berühmte Mechanikus Ramsden in London verfertigte Haar-Mikrometer (Instrumente zur Messung des menschlichen Haars), womit er die Dicke des menschlichen Haars in 420 Theile theilte.

Aber wie könnte man wohl die Dicke sehr dünner Blättchen, z. B. der Goldblättchen messen? — Man brauchte nur eine Menge Blättchen, z. B. 10,000 auf

einander zu legen, sie tüchtig zusammenzupressen, Höhe oder Dicke mit einem Zirkel zu messen und diese Dicke mit der Anzahl der Blättchen zu dividiren. Nähmen z. B. jene 10,000 Blättchen die Höhe einer Linie ein, so wäre die Dicke eines Blättchens $\frac{1}{10000}$ einer Linie.

Solche Messungen haben sehr vielen Nutzen. Sie lehren uns bey der Bestimmung von Dimensionen allerley Vergleichungen anzustellen, und üben unser Auge ungemein in der Schätzung dieser Dimensionen.

Drittes Kapitel.

Bewegbarkeit, Cohäsion, Adhäsion und Attraction.

Die erste physikalische Unterhaltung, welche für Lehrer und Schüler auf eine sehr angenehme Art mehrere Stunden hinweg genommen hatte, war geendigt, und kaum war der folgende Tag angebrochen, als Ferdi-

nand auch schon, der getroffenen Verabredung gemäß, in Waltersdorf Wohnung sich befand.

Wenn ich dieses Buch, so begann Herr Waltersdorf heute den Unterricht, auf dem Tische hinschiebe, so bewegt es sich. Wenn ich diesen Stein zum Fenster hinauswerfe, so bewegt er sich ebenfalls; überhaupt sagen wir ein Körper bewege sich, wenn er seinen Ort verändert. Das Fliegen jenes Vogels ist eine Bewegung; die Wolke, die der Wind dort hintreibt, ist in Bewegung; der Mond den du noch über den westlichen Horizont erblickst, ist in Bewegung, denn bald wirst du ihn hinter den Berg sinken sehen. Jeder Körper ist bewegbar; er hat das Vermögen von einer Stelle zur andern hingebracht werden zu können. Aber ohne Ursache kann dies freylich nicht geschehen; wir pflegen diese Ursache Kraft oder Gewalt zu nennen.

Eine Kraft kann oft so auf einen Körper wirken, daß nur einige Theile des Körpers in Bewegung

kommen, die dann entweder ganz von den übrigen Theilen getrennt werden, oder auch bald wieder von selbst in ihrige vorige Lage zurückkehren. Eine solche Bewegung sehen wir beym Zerreissen und Zerbrechen eines Fadens und eines Stocks, beym Auseinanderziehen eines Stücks Federharz, beym Biegen einer Stahlfeder ꝛc. Dabey fühlt man ganz wohl, daß auch in den Körpern, womit man diese Bewegungen, besonders das Zerbrechen und Zerreissen vornehmen will, Kräfte vorhanden sind, welche die Theilchen gleichsam an einander festhalten, Kräfte, die eben dieser Erscheinung wegen Cohäsionskräfte genannt werden.

So verschiedene Körper es giebt, so verschieden zeigen sich an ihnen die Cohäsionskräfte, und so verschieden fällt demnach auch der Zusammenhang oder die Cohäsion ihrer Theilchen selbst aus. Sucht man einen tannenen oder eichenen Stock von einerley Dicke auf einerley Art zu zerbrechen, so fühlt man bald, daß der Zusammenhang bey dem eichenen Stocke viel stärker

ist, daß zur Trennung der Theilchen desselben viel mehr Kraft gehört, als bey dem tannenen Stocke. Daher schreibt man jenem mehr Stärke und Festigkeit zu. Ein goldener, silberner, kupferner oder eiserner Stock wäre noch fester, und unter diesen der eiserne am allerfestesten.

Oft hat man zum Trennen oder Verschieben der Theilchen eines Körpers nur eine sehr geringe Kraft nöthig, und wenn man den Körper in ein Gefäß thut, so nimmt er von selbst die Gestalt des Gefäßes an. Das sehen wir an Wasser, Wein, Oehl, Quecksilber, an Dämpfen, an der Luft ꝛc. Einen solchen Körper nennt man einen flüssigen Körper, zum Unterschiede der übrigen, welche feste Körper genannt werden. Aber viele flüssige Körper, z. B. Wasser, Wein, Quecksilber ꝛc. verwandeln sich bey stärkerer oder geringerer Kälte in feste Körper (gefrieren zu Eis), viele feste, z. B. Metalle, Steine, Erden ꝛc., gerathen bey stärkerer oder geringerer Hitze in den flüssigen

Zustand (wenn sie schmelzen). Flüssige Körper, welche Tropfen bilden, wie Wasser, Oehl, Quecksilber ꝛc. heißen tropfbare oder liquide Flüssigkeiten; diejenigen, welche nicht tropfbar sind, aber in einen beträchtlich kleinern Raum sich zusammenpressen lassen und bey Nachlassung der drückenden Kraft von selbst sich wieder in ihren vorigen Raum ausdehnen, wie Dämpfe und Luft, heißen elastische, expansible oder ausdehnbare Flüssigkeiten. Diese theilt man wieder ein in dampfförmige Flüssigkeiten, die, wie z. B. Wasserdämpfe, unter gewissen Umständen (durch Kälte) wieder eine tropfbare Gestalt annehmen, und in permanent elastische Flüssigkeiten, die, wie die atmosphärische Luft und die übrigen Luftarten, durch kein uns bekanntes Mittel in Tropfen verwandelt werden können.

Auch bey festen Körpern kommen wieder unterschiedliche Eintheilungsarten vor. Manche Körper, z. B. Glas und viele Steine widerstehen sehr stark den

schneidenden, stechenden und reibenden Werkzeugen, aber durch eine heftige Erschütterung, durch einen Schlag oder Stoß, springen sie leicht in Stücke. Solche Körper werden harte Körper genannt. Der Diamant ist der härteste von allen Körpern. Nur mit Hülfe seines eignen Staubes läßt er sich schleifen und schneiden. Aber mit einem Hammer kann man ihn eher zerschlagen, als ein gleich großes und dickes Stück Holz. Wie sehr verschieden Härte und Festigkeit von einander ist, sieht man am auffallendsten am Euclase, einem durchsichtigen grünlichen Steine aus Peru, der sich mit äußerster Schwierigkeit schleifen läßt, aber schon bey einem sehr leichten Drucke in Splitter zerspringt. Schon beym Glase kann man einen solchen Unterschied wahrnehmen. Ein so hoher Grad der Härte wird auch Sprödigkeit genannt. Weiche Körper z. B. Thon und Wachs, gehen nicht leicht durch Stoßen und Schlagen von einander, sondern durch Reissen und Ziehen. Sind die Körper zugleich zähe, wie

Harze, flüssiges Glas ꝛc, so kann man sie durch Reissen und Ziehen erst ziemlich weit ausdehnen, ehe eine wirkliche Trennung erfolgt. Dies ist selbst bey manchen Metallen, z. B. bey Eisen, Gold, Silber und Kupfer, hauptsächlich im glühende Zustande, der Fall (wie man unter andern beym Schmieden, Walzen und Drahtziehen sieht); und deswegen heißen diese Metalle auch geschmeidig, dehnbar oder streckbar.

„Wenn man Steine, Metallstücke, Holzstücke, Wassertropfen und andere Sachen auf ein Steinpflaster fallen läßt“ — fiel hier Ferdinand ein — „so geben sie beym Auffallen einen ganz verschiedenartigen Schall von sich. Bey manchen, wie bey Steinen und Metallstücken, ist er hell und laut, oft sogar klingend; bey andern, wie bey Holzstücken und Wassertropfen, ist er dumpf oder klatschend. Könnte man nun nicht auch diese Erscheinung als ein sicheres Merkmal jener verschiedenen Eigenschaften annehmen?“

Allerdings, erwiederte Herr Waltersdorf,

macht man im gemeinen Leben wirklich einen solchen Gebrauch hiervon. So unterscheidet man z. B. oft eine falsche Münze von einer ächten dadurch, daß man sie auf einen harten Körper wirft, um die Verschiedenheit ihres Schalls zu hören. Aus eben dem Grunde klopft man auch mit dem Knöchel des Fingers an manchen festen Körper, z. B. an irdene Geschirre u. dgl. Der Physiker muß aber genauere Merkzeichen haben, als diese, welche ihn unter gewissen Umständen sehr täuschen können. — Jetzt, lieber Ferdinand, drücke einmal deine Augen fest zu. Er that es! Hier habe ich ein hohles gläsernes Gefäß in der Hand, worin ein gewisser Körper befindlich ist. Ich will es einmal schütteln, damit du den Schall des Körpers hörst, den er beym Anschlagen an die Wände des Gefäßes macht. Von welcher Art ist wohl dieser Körper? — „Es sind Steine, die an das Glas anschlagen,“ antwortete Ferdinand. Sieh her, es ist nur Wasser, fuhr Herr Waltersdorf fort. Ferdinand konnte kaum seinen

Augen trauen, als ihm Herr Waltersdorf das Gefäß, eigentlich eine Glasröhre mit einer oder mit zwey hohlen Glaskugeln, wie Fig. 3. 4. Taf. IV., selbst in die Hände gab. So wie er das Instrument hin und her schwenkte, so klapperte das Wasser darin wirklich wie Steine.

Herr Waltersdorf erklärte ihm diese Erscheinung mit folgenden Worten. Ehe man die Glaskugel zuschmolz, wurde Wasser hineingethan, welches das ganze Gefäß nicht völlig bis zur Hälfte anfüllte. Die noch darin befindliche Luft wurde durch Hitze außerordentlich verdünnt; dann geschah aber auch das Zuschmelzen augenblicklich, damit keine neue Luft hineindringen konnte. Der Mangel an Luft ist demnach Ursache, daß das Wasser an die Wände des Gefäßes so hart anschlägt. Wäre um unserer Erde herum keine Luft, durch welche die herabfallenden Regentropfen sich hindurcharbeiten müssen, so würde der Regen auf dem Steinpflaster ein entsetzliches Geklapper verursachen.

Die Stärke des Zusammenhangs bey festen Körpern ist oft ausnehmend groß; und nicht selten stehen uns Mittel zu Gebote, diese Stärke noch bedeutend zu vermehren. Ueber die Stärke der verschiedenen Metalle, Hölzer, Stricke und anderer Körper haben einige Naturforscher, wie Muschenbroeck, du Hamel, Büffon, von Sickingen und Achard sehr lehrreiche und nützliche Versuche angestellt. Sie ließen nämlich diese Körper von bestimmter Länge und Dicke auf einerley Art durch Gewichte zerreissen. Derjenige Körper, welcher dazu das größte Gewicht nöthig hatten, war natürlich am stärksten. So war z. B. deutsches Eisen über dreymal stärker als feines Gold; schwedisches Kupfer über zwey und vierzigmal stärker als englisches Bley; Büchenholz noch einmal so stark als Tannenholz; ein geflochtenes Seil war viel stärker als ein nach Seilerart gedrehtes; ein gewebtes Seil wieder viel stärker als ein geflochtenes; ein seidener Faden fast dreymal stärker als ein eben so dicker leinener; ein Faden

aus Menschenhaaren von der Dicke eines Pferdehaars war stärker als das Pferdehaar; ein gebleichter Faden war schwächer als ein gleich dicker ungebleichter. Es giebt allerley Vorfälle im menschlichen Leben, wo man von diesen Kenntnissen über die Stärke der verschiedenen Körper eine sehr nützliche Anwendung machen kann. Weiß man z. B. wie groß das Gewicht ist, welches ein Stück Bauholz von einer gewissen Länge und Dicke tragen kann, so wird man es nicht zu schwach nehmen, damit es nicht breche, aber auch nicht überflüssig stark, um nicht auf eine unnütze und dem Hause sehr lästige Weise, Holz zu verschwenden. Hat man unter ein Paar Seilen von einerley Stärke die Wahl, so wird man natürlich das dünneste, leichteste und biegsamste wählen, weil man zum Gebrauch desselben (wie beym Schiffsbau und Maschinenwesen) die wenigste Kraft nöthig hat.

Tücher und wollene Zeuge können durch das Walken noch einmal so stark werden. Die Metalle werden

stärker, wenn man sie schlägt oder schmiedet, wenn man sie durch Walzen ausdehnt u. s. w. Dadurch kommen natürlich ihre Theilchen näher zusammen. Silber kann durch das Schlagen fast noch einmal so stark werden, Bley durch das Walzen oder Plätten beynahe viermal stärker; Messing eben dadurch wohl dreymal stärker. Durch zu vieles Schlagen und Drücken verliert sich ihre Stärke wieder; die Theilchen werden dadurch zu sehr gespannt; das macht denn die Körper hart, spröde und gebrechlich.

Zwey Metalle können jedes für sich eine geringe Festigkeit besitzen; und wenn man sie durch Zusammenschmelzen mit einander vereinigt, so nehmen sie sehr an Stärke zu. Mehrere Reisende erzählen, daß man die Elephanten und Rhinoceros mit Kugeln aus Bley oder aus Zinn nicht todt schießen könne, aber wohl mit Kugeln, die aus Bley und Zinn zusammengesetzt sind. Die Statue Peters des Großen hat zum Postament einen Granit, welcher vier Millionen Pfund wiegt.

Eine so ungeheure Masse war noch nie zu Lande transportirt worden. Man suchte sie auf eisernen Walzen fortzuschaffen, aber die brachen wie Staub zusammen. Endlich verfiel ein sehr einsichtsvoller Mann, der geheime Rath Petzky auf Kugeln, die 5 Zoll groß aus Messing, und noch einer Zuthat Galmey oder Zink gegossen wurden; und mit diesen gelang es vollkommen. — So wird auch Gold mit Silber oder mit Kupfer versetzt stärker; Silber mit Kupfer versetzt ebenfalls; Kupfer mit Zink versetzt (woraus man Messing, Tomback, Semilor und Prinzmetall bildet); Kupfer mit Zinn versetzt (woraus man das Stückgut und Glockengut erhält); Bley mit Spießglanz versetzt (welches uns die Buchdruckerschrift giebt) u. s. w. In allen diesen Fällen war es sehr nützlich, aus dem Metalle Waaren zu bekommen, die zu gewissen Zwecken eine hinreichende Festigkeit besäßen, welche sie sonst auf eine andere Weise nicht würden erlangt haben.

Bricht man ein Stück Holz oder einen andern Körper von einander, und drückt man die Stellen, wo

der Bruch geschehen ist, wieder zusammen, so wird da doch kein merklicher Zusammenhang zu erhalten seyn. Schleift oder schneidet man hingegen die an einander zu schiebenden Flächen sehr eben, so daß sich da recht viele Theilchen berühren, und drückt man sie dann mit einer gewissen Wendung noch näher zusammen, so kleben sie oft so fest aneinander, daß es Mühe kostet, sie wieder von einander zu trennen. Dies sieht man unter andern an zwey bleyernen Cylinderchen, deren Grundflächen man mit einem scharfen Messer glatt abgeschabt hatte; an ein Paar recht eben geschliffenen Messingplatten, welche mit ein Paar Handgriffen zum Aneinanderdrücken versehen sind; an ein Paar bleyernen Halbkugeln, wie Fig. 4. Taf. II., die mit ihrer Durchschnittsfläche zusammengedrückt, wieder eine ganze Kugel ausmachen; u. s. w. Weiß man auf diese Art ein Paar Halbkugeln sehr geschickt zusammenzudrücken, so hängen sie oft so fest aneinander, daß gegen 100 Pfund Kraft erfordert werden, sie wieder von einanderzureissen.

— Daß Herr Waltersdorf alle diese Experimente vor den Augen Ferdinands anstellte, versteht sich von selbst.

Nun wurden auch ein Paar genau abgeschliffene Glasplatten herbeygeholt. Herr Waltersdorf machte sie durch den Hauch etwas feucht, und dann drückte er sie auf einander. Ferdinand suchte sie von einander zu ziehen, aber es ging nicht. Mit genauer Noth konnte er sie auf einander verschieben. Jetzt wurden zwey Bleycylinder auf ihren Grundflächen mit Quecksilber benäßt, und bald hingen sie mittelst desselben so fest zusammen, daß sie nicht mehr auseinander gebracht werden konnten. — Hier, lieber Ferdinand, siehst du also, wie durch das Dazwischenbringen eines fremden Körpers (des Wassers zwischen Glas und des Quecksilbers zwischen Bley) der Zusammenhang verstärkt wurde. Im gemeinen Leben kommen solche Verbindungen noch viele vor. Weder Kalk, noch Sand für sich, hängen sich fest an Steine an; aber wenn

sie mit einander (als Mörtel) vereinigt werden, so thun sie dies in einem hohen Grade. Quecksilber bleibt eben so wenig an Glase hängen als Zinn; aber wenn Quecksilber und Zinn mit einander einen Quickbrey, ein Amalgama, bilden, so vereinigen sie sich fest und genau mit dem Glase. Auf diese Art werden ja die Spiegel belegt. Auf ein Blatt Stanniol (oder dünn geschlagenes Zinn) wird Quecksilber mit einem weichen Körper (einem Felle) so lange hin und her gerieben, bis das Stanniolblatt überall naß davon geworden ist. Dann schüttet man noch Quecksilber darauf und drückt die geschliffene und polirte Glastafel genau an dasselbe. Man läßt es nun eine Zeitlang liegen; und bald hat sich das Amalgama so fest an die Glastafel gehängt, daß es nur mit scharfen Werkzeugen wieder davon zu trennen ist.

Die Stärke des Zusammenhangs, den ein fremder Körper zuwege bringt, sieht man auf ähnliche Art noch bey manchen andern Gelegenheiten, z. B. beym

Leimen, Kütten, Vergolden, Versilbern, Löthen, Verzinnen ꝛc. Die Cohäsionskräfte, welche die Theilchen an einander halten, sind hier von ganz vorzüglicher Wirksamkeit.

Wenn ich meinen Finger in Wasser, in Weingeist, in Oehl und noch in viele andere Flüssigkeiten eintauche, so ziehe ich ihn naß wieder heraus. Dasselbe geschieht auch mit Holz, Metall, Glas, Stricken ꝛc. Gewiß würden die Theilchen der Flüssigkeit sich nicht an diese Körper hängen, wenn der Zusammenhang unter ihnen selbst stärker und inniger wäre, als der Zusammenhang mit den fremden festen Körpern. Wie leicht und wie stark sich Wasser an Stricke und an andere Körper anhängt, davon giebt die Verasche Seilmaschine ein interessantes Beyspiel. Vera ging einst auf dem Eise spazieren, und steckte zufällig seinen Stock in eine Oeffnung des Eises. Er zog ihn mit Wasser wieder heraus. Er bemerkte, daß, wenn er ihn schneller herauszog, mehr Wasser daran hängen

geblieben war, und dies leitete ihn eben auf die Erfindung seiner Maschine, wovon ich jetzt — sagte Herr Waltersdorf — ein 10 Fuß hohes Modell zeigen will.

Zwey Kasten, A und B Fig. 11. Taf. I., sind durch ein Paar steife Wånde mit einander vereinigt. Ein Drehrad *a* mit einer Kurbel ist zwischen einem an dem Kasten B fest sitzenden Gestelle beweglich. Ein Seil ohne Ende (von Pferdehaaren) geht um die Peripherie des Drehrades, dann um eine untere Rolle *c* und um eine obere Rolle *b*. Die obere Rolle *b* läßt sich durch eine Stellschraube so reguliren, daß man das Seil mehr oder weniger straff anspannen kann. — Aber nun gieb einmal Acht! rief Herr Waltersdorf. Der untere Kasten B wurde mit Wasser gefüllt, welches über die Rolle *c* hinwegging. Dann wurde das Rad *a* schnell umgedreht, wodurch das Seil sich unter dem Wasser hinzog und von der andern Seite in den obern Kasten A durch eine Oeffnung des Bodens hinein=

stieg. Was sah da unser Ferdinand? Eine dicke Wasserrinde umgab das emporsteigende Seil und ging mit diesem zugleich in den obern Wasserkasten, wo es sich abstreifte und in großer Menge durch die Ausflußröhre *d* wieder herauslief. Bald war das untere Gefäß ganz wasserleer.

Wenn Herr Waltersdorf das Rad *a* langsam drehte, so wurde das langsam emporsteigende Seil zwar naß, aber eine Wasserrinde entstand nicht um demselben, folglich kam auch kein Wasser in den obern Kasten. Ferdinand wußte sich die Ursache hiervon bald recht wohl zu erklären. „Wenn das Seil langsam in die Höhe geht,“ sagte er, „so können immer viele anhängende Wassertheilchen wieder abfallen. Wenn es aber sehr schnell steigt, so haben sie keine Zeit zum Abfallen. Ehe dies geschehen kann, haben sich wieder andere Wassertheilchen an jene Wassertheilchen gehängt, an diese wieder andere u. s. w. und alle sind fast in einem Augenblick in den obern Kasten gekommen.“

Durch eine solche Maschine im Großen, vielleicht vom Winde (wie eine Windmühle) oder vom Wasser (wie eine Wassermühle) in Bewegung gesetzt, könnte man in kurzer Zeit eine sehr große Menge Wasser mehrere hundert Fuß hoch emporheben; und so wäre man wohl im Stande, sie auf eine sehr nutzbare Art und mit einem weit größere Effekt als die Wasserpumpen zum Emporheben des Wassers bey mannigfaltigen Vorfällen anzuwenden.

Das Anhängen flüssiger Körpertheilchen an einen festen Körper unterscheidet man von dem Zusammenhängen der Theilchen unter sich selbst durch den Namen Adhäsion. Aber Wasser hängt sich nicht unter jeden Umständen an den Finger, an Holz, Glas und andere Körper an. Es hängt sich nicht an diese Körper, wenn sie mit Fett oder Hexenmehl (Semen Lycopodii), ader auch nnr mit Staub überzogen sind; es hängt sich nicht an die Blätter mancher Pflanzen, nicht an die Federn der Wasservögel u. d. gl. — Fer-

dinand mußte seine Hand in Hexenmehl umwenden, das ihm Herr Waltersdorf in einem Gefäße darreichte; er mußte sie dann in Wasser tauchen; und ganz trocken zog er sie wieder heraus.

Nun wurde ein Gefäß mit Quecksilber gebracht. Ferdinand tauchte erst einen Finger hinein. Er war vom Quecksilber nicht naß geworden. Dasselbe geschah auch nicht mit einem Holzstabe, Eisenstabe, Glasstabe und verschiedenen andern hineingehaltenen Körpern. An einen zinnernen und bleyernen Stab aber hängte es sich sehr stark und begierig an.

Jetzt ließ der unermüdete Lehrer einen Wassertropfen auf ein kleines Bretchen fallen; der Tropfen floß sogleich aus einander, wie *a* Fig. 8. Taf. I. Dann ließ er ein kleines Quecksilbertröpfchen auf dasselbe Bret fallen; kugelrund wie *b* Fig. 8. rollte er auf dem Bretchen herum. Ein dicker Quecksilbertropfen, wie *c*, rollte ebenfalls auf dem Bretchen hin, aber nicht ganz kugelrund, sondern etwas plattrund. Eben die Erschei-

nung wie bey dem Quecksilbertropfen zeigte sich an Wassertropfen, als Herr Waltersdorf das Bretchen mit Hexenmehl bepudert hatte.

Diese Versuche führen uns nun leicht auf folgendes Naturgesetz. Wenn die Theilchen einer flüssigen Masse nicht von fremden Kräften gestört werden, so ruhen sie nicht eher, als bis die ganze Masse durch das unaufhörliche Spiel der Cohäsionskräfte kugelrund geworden ist. Aber auch aus mathematischen Gründen ließe sich, wenn wir wollten, dasselbe Gesetz entwickeln. Werden die Theilchen der flüssigen Masse, z. B. eines Wassertropfens, von einem andern Körper, den sie berühren, stärker gezogen, als sie einander selbst anziehen, so kann die Masse nicht rund bleiben. Deswegen zerfloß der Wassertropfen auf dem Brete; und eben so zerfließt ein Quecksilbertropfen auf Zinn oder Bley. Auf dem bestaubten Brete rollt der Wassertropfen kugelrund dahin, weil die Theilchen des Wassers nur ihren eignen Anziehungskräften folgen,

und keine fremde Kräfte sie an eine andere Stelle hinziehen. Eben die Beschaffenheit hat es mit dem Quecksilbertropfen auf dem Brete. Nur ein großer Wassertropfen auf dem bestaubten Brete, und ein großer Quecksilbertropfen auf Holze, Glase 2c. werden etwas plattrund, wegen der Schwere der Theilchen selbst, welche die unter ihnen befindlichen Theilchen immer etwas zusammen = und auseinander drücken. — Ein in der Luft frey schwebender Wassertropfen würde stets kugelrund erscheinen; aber ein durch die Luft herabfallender Tropfen verändert seine natürliche Gestalt wegen des Widerstandes der Luft auch immer etwas.

Bringt man einen Quecksilbertropfen auf das Bretchen, auf eine Glasplatte u. d. gl., und kehrt diese um, so wird der Quecksilbertropfen nicht so wie *e* Fig. 8. unter dem Körper hängen bleiben, sondern er wird herabfallen. Ein Wassertropfen hingegen, wie *d* Fig. 8. würde dies unter gleichen Umständen nicht thun

Er würde von den Adhäsionskräften des Brets oder Glases ꝛc. gehalten werden, ausgenommen, wenn sein Gewicht die haltende Kraft jener Körper übertrifft; alsdann wird wenigstens ein Theil von ihm abfallen, bis das übrigbleibende Gewicht nicht größer mehr ist als die Größe der Adhäsionskräfte.

Du kannst nun auch leicht einsehen, lieber Ferdinand, warum Wasser in einem gläsernen oder hölzernen Gefäße keine kugelrunde Oberfläche zeigt. Nicht einmal eben ist die Oberfläche, sondern hohl, wie A Fig. 10. Taf. II., das heißt, es steigt immer etwas von der Flüssigkeit an der Wand des Glases hinauf. Quecksilber hingegen hat in einem Glase eine erhabene Oberfläche, wie B Fig. 10. In einem zinnernen Gefäße aber ist seine Oberfläche gerade so, wie die Oberfläche des Wassers in dem Glase.

Gießt man ein Glas ganz voll Wasser, so kann man noch immer eine gewisse Quantität zugießen, ohne daß das Glas überläuft, und wirklich bekommt

dann die Oberfläche des Wassers eine erhabene Gestalt. Ehe das Glas voll wurde, zog sich von dem Wasser ein gewisser Theil an der Wand des Glases hinauf; folglich mußte die Oberfläche des Wassers concav erscheinen. Als das Glas voll war, mithin keine Glaswand mehr über dem Wasser sich befand, da konnte auch kein Wasser mehr am Rande in die Höhe steigen; es fiel also die Ursache weg, welche die Wassertheilchen am Rande in die Höhe trieb.

Man sieht hieraus, daß es bey der Bildung der Oberfläche vorzüglich auf die Wand ankommt, welche der flüssige Körper über sich hat. Streicht man inwendig ringsherum an der Wand des Glases einen Ring von Fett oder Hexenmehl, und gießt man so viel Wasser in das Glas, daß es bis an jenen Ring steigt, so werden keine Wassertheilchen von dem Glase in die Höhe gezogen; das Wasser bekommt eine eben solche erhabene, am Rande vertiefte Oberfläche, als das Quecksilber B Fig. 10. Wenn die Wand über der

Flüssigkeit die flüssigen Theilchen stärker zieht, als diese Theilchen unter einander selbst gezogen werden, so heben sich die Theilchen an jener Wand hinauf. Hier wirkt also die Kraft der Wand schon in einiger Entfernung auf die Theilchen der Flüssigkeit, und deswegen unterscheidet man sie von der Cohäsionskraft und Adhäsionskraft durch den Namen Ziehkraft oder Attractivkraft. Die Erscheinung des Anziehens selbst aber nennt man Anziehung oder Attraction.

Jetzt, Ferdinand, kannst du mir gewiß die Ursache von folgender Erscheinung angeben. Beym Ausgießen des Wassers oder einer andern Flüssigkeit aus einem Trinkglase läuft die Flüssigkeit, wie Fig. 7. Taf. II., außen an der Wand des Glases herab, so bald ich das Glas nicht genug neige, nicht so neige wie Fig 6. Und warum thut Quecksilber nicht eben dasselbe?

„Wenn ich das Glas mit Wasser nicht genug nei-

ge," sagte Ferdinand ganz richtig, „so bleiben die auszugießenden Wassertheilchen in einer solchen Nähe des Glases, daß sie von diesem angezogen werden können. Die benachbarten Wassertheilchen werden immer wieder von dem anliegenden Glase angezogen, und so müssen sie denn wohl bis unten an den Boden des Glases gelangen. Quecksilber wird nicht vom Glase angezogen, folglich läuft auch das Quecksilber nie außen an der Wand des Glases herunter, sondern fällt bey der Neigung des Glases gleich auf die Erde herab. Aber in einem zinnernen Gefäße würde es dem Quecksilber eben so gehen, als dem Wasser in dem Glase." — „Nun sehe ich auch ein," fuhr er freudig fort, „warum man Wasser, Bier u. d. gl. viel leichter aus einem solchen Glase ausgießen kann, welches nach dem Boden zu immer schmäler wird."

Herr Waltersdorf freute sich ungemein über die Aufmerksamkeit des Knaben, und ergriff, nachdem

er verschiedene Glasröhren herbey geholt hatte, wieder auf folgende Art den Faden seiner Erzählung.

Wenn man eine Glasröhre, wie A Fig. 9. Taf. I., welche oben und unten offen ist, in Wasser taucht, so wird sowohl das innere als das äußere Wasser von der Wand des Glases etwas in die Höhe gezogen. Die Oberfläche des innern Wassers ist folglich in der Mitte vertieft, und um die Vertiefung gehen die durch die Attraktion des Glases entstandenen Erhöhungen des Wassers. Ist die Röhre enger, wie B Fig. 9., so ist auch jene Vertiefung der Wasseroberfläche enger, und die Erhöhungen des Wassers stehen näher an einander. Ist nun die Röhre gar ein sogenanntes Haarröhrchen, das heißt, ein Röhrchen, in dessen innere Höhlung ich allenfalls nur ein Pferdehaar hineinstecken kann, so werden jene Erhöhungen des innern Wassers von allen Seiten ganz nahe zusammen kommen, sie werden in einander fließen, folglich keine Vertiefung mehr zwischen sich lassen. Aber in dem Augenblicke,

wo sie zusammengeflossen sind, wird die Attraktion des Glases wieder neue Erhabenheiten bilden; diese werden schon bey ihrer Entstehung gleich wieder in einander fließen, und so wird das Wasser in dem Röhrchen immer höher und höher, und zwar so hoch kommen, bis sein Gewicht der Ziehkraft der noch über ihm stehenden Glaswände das Gleichgewicht hält.

Herr Waltersdorf nahm gefärbtes Wasser (oder auch Dinte), tauchte ein Haarröhrchen hinein, und Ferdinand konnte nun recht schön das Emporsteigen der Flüssigkeit sehen. Herr Waltersdorf ließ auch einen einzigen gefärbten Wassertropfen an der Röhre hinunterlaufen; sobald der Tropfen die Mündung der Röhre erreicht hatte, schlüpfte er hinein und stieg dann in dem Röhrchen empor. Je enger das Haarröhrchen war, desto höher stieg darin einerley Flüssigkeit. Es durfte aber nicht verstopft, nicht fettig und nicht schmutzig seyn.

Nicht blos in wirklichen Röhren, sagte Herr

Waltersdorf, steigt eine Flüssigkeit auf diese Art höher, sondern auch zwischen ein Paar sehr nahe an einander gestellten Glasplatten, die man mit ihrer untern Kante in Wasser taucht, und überhaupt in den engen Zwischenräumen anderer Körper, die das Wasser anziehen, und wo alle hervorgebrachte Erhöhungen des Wassers wegen ihrer Nähe in einander fliessen können. So werden in Wasser getauchte Hölzer, Stricke, wollene Zeuge, Löschpapier ꝛc. auch an denjenigen Stellen naß, welche nicht in Wasser stehen. So feuchtet sich ein Stück Zucker, welches man mit der Spitze in Kaffee taucht, fast in einem Augenblicke bis oben an. So steigt das Wasser auch in einem Haufen Sand oder Asche sehr bald immer höher und höher. So zieht der Docht einer Lampe das Oehl von unten bis oben hinauf. So steigt der Saft in den Pflanzen (freylich auch mit Beyhülfe der Lebenskräfte) empor ꝛc. ꝛc.

Jetzt nahm Herr Waltersdorf zwey Gläser

und stellte sie so neben einander, daß das eine niedriger war als das andere. Das höher stehende füllte er mit Wasser, und dann legte er einen schmalen Streifen Löschpapier so über die Ränder von beyden, daß das längere Ende des Streifens in das leere Glas, das kürzere in das volle hing. Da wurde denn das Wasser durch das Löschpapier so lange in das leere Glas gezogen, bis es in beyden Gläsern im Gleichgewicht stand. — Die Ursache, warum das eine Glas niedriger seyn mußte als das andere, und warum das Wasser zu einer gewissen Zeit aufhörte mit Hinüberfließen, wollte Herr Waltersdorf erst in der Folge erklären.

Nun tauchte Herr Waltersdorf ein ganz kurzes Haarrohrstückchen in die gefärbte Flüssigkeit. „Die Flüssigkeit kommt deswegen nicht aus der obern Mündung heraus," sagte Ferdinand, „weil nichts mehr über ihr ist, das sie in die Höhe ziehen könnte." — Herr Waltersdorf trug Quecksilber in einem sehr lockern durchsichtigen leinenen (fast flornen) Beutel her-

bey. Das Quecksilber lief nicht von selbst durch die Poren desselben, sondern nur dann, wenn er den Beutel drückte. Er stellte ein Haarröhrchen in Quecksilber; aber das Quecksilber trat gar nicht in das Röhrchen hinein. Er legte dann (weil es keine zinnerne Haarröhrchen giebt) ein Paar glatte Zinnplatten auf einander und stellte sie mit ihrer untern Kante in Quecksilber. Da bemerkte man denn bald, daß das Quecksilber eben so zwischen den Platten in die Höhe stieg, als Wasser zwischen Glasplatten. Alle diese Erscheinungen zu erklären, machten unserm Ferdinand gar keine Schwierigkeiten mehr. Damit der junge Physiker auch sehen sollte, daß gerade nicht die leichtern Flüssigkeiten in einem Haarröhrchen höher steigen als schwerere, so tauchte er Röhrchen von einerley Weite erst in Wasser, und hernach in Alkohol oder in möglichst entwässerten Weingeist. Der leichtere Alkohol stieg nicht so hoch als das schwerere Wasser.

In ein Schälchen mit Wasser legte Herr Waltersdorf ein Paar Korkkügelchen. Kamen diese

einander nahe genug, so zogen sie sich begierig an. Um die Korkkügelchen herum entstanden nämlich wegen der Attraktion Erhabenheiten oder Wasserhügelchen wie Fig. 6. Taf. I. Trafen nun die Wasserhügelchen nahe an einander, so flossen sie zusammen, und die Kügelchen schienen sich dann anzuziehen. Ein Paar schwimmende Wachskügelchen fuhren in einer gewissen Distanz zwar auch gegen einander; aber daran waren die um die Kugeln entstandenen Vertiefungen, wie Fig. 7. Schuld, die sich in der Nähe der Kugeln zu einer vereinigten, wodurch die Kugeln gegen einander rollten. Ein Wachskügelchen und ein Korkkügelchen stießen sich ab, weil das Wasser sich nicht gern an Wachs hängt, und weil auch das Wachskügelchen nicht auf den Wasserhügel des Korkkügelchens hinaufrollen kann.

Mittelst einer gekrümmten Haarnadel legte Herr Waltersdorf ein Paar dünne Nähnadeln sanft aufs Wasser. Sie schwammen dann wegen der an ihnen

hängenden Luftschicht. Sobald sich die Spitzen der Nadeln berührten, so wurde der Neigungswinkel derselben schnell immer kleiner und kleiner, und bald lagen die Nadeln mit ihrer ganzen Länge an einander. Auch dies bewirkten die um die Nadeln sich bildenden Wasserhügel, welche bey der Berührung der Nadeln zusammenflossen. Zuletzt wurden noch ein Paar Glasplatten mit einer ihrer Kanten unter einen spitzigen Winkel an einander gestellt, und so ins Wasser getaucht, daß ihre Zusammenfügungslinie auf der Oberfläche des Wassers senkrecht stand; plötzlich stieg dann das Wasser zwischen den Glasplatten empor, und bildete, Fig. 10. Taf. I., diejenige krumme Linie, welche in der Mathematik die Hyperbel genannt wird.

Viertes Kapitel.

Schnellkraft, Springkraft oder Elasticität.

Bey der nächsten Unterhaltung nahm Herr Waltersdorf einen Schwamm und drückte ihn zusammen. Du siehst, lieber Ferdinand, fuhr er dann fort, wie ich Figur und Volumen dieses Körpers verändern kann, ohne eine Trennung seiner Theilchen zu veranlassen. Dasselbe geschieht auch mit Wachs, mit Thon, mit frischem Brode, mit einer Blase, worin Luft ist, und mit noch vielen andern Körpern. Solche Körper sind denn, wie man sagt, zusammendrückbar oder compressibel. Wachs, Thon und frisches Brod behielten ihre zusammengedrückte Gestalt bey,

als die Kraft meiner Hand nicht mehr auf sie wirkte; aber der Schwamm und die Blase mit Luft, nahmen bey Nachlassung der drückenden Kraft ihre vorige Gestalt wieder an, und ihre verrückten Theilchen sprangen von selbst wieder in ihre vorige Lage zurück. Körper, welche die letzt genannte Eigenschaft besitzen, heissen elastische Körper, die Kraft selbst aber, welche durch das Zurückspringen der verrückten Theile bewirkt wird, heißt Springkraft, Schnellkraft oder Elasticität. Körper, die ihre durch Druck veränderte Gestalt beybehalten, wie Wachs, Thon rc., nennt man zähe oder duktile Körper. Die Duktilität ist folglich der Elasticität entgegengesetzt.

Eigentlich sind gewiß alle Körper elastisch; einige, z. B. Wachs und Thon für unsere Sinne und für unsere Experimente freylich in einem so geringen Grade, daß wir die Elasticität nicht bemerken und nicht bewirken können. Manche Körper zeigen die Elasticität in einem sehr hohen Grade, und zwar diejenigen in dem

höchsten, welche sich durch eine und dieselbe Gewalt am meisten zusammendrücken lassen, und deren Theile bey Entfernung der äußern Gewalt am geschwindesten und besten in ihre vorige Lage zurückspringen. Das Zurückspringen geschieht oft mit solcher Kraft, daß fremde im Wege liegende Körper dadurch weit fort geschleudert werden.

Einen ganz vorzüglich hohen Grad von Elasticität besitzt das Federharz oder Caoutchouc, welches sehr oft unter dem falschen Namen gummi elasticum zum Ausreiben der Bley- und Röthelstiftstriche gebraucht wird. Hier dieser Ring von Federherz ist kaum so groß, daß man einen kleinen Finger hindurchstecken kann. Aber leicht dehne ich ihn so aus, daß er sich über die Hand ziehen läßt. Hier dieser Ball von Federharz, mit großer Kraft auf den Boden geworfen, springt zweymal an die Decke des Zimmers zurück. — Man macht auch Stiefeln, Flaschen, Röhren, Thiere und viele andere Sachen aus dem Feder-

harze. Ein Paar Stiefeln daraus haben anfangs 200 Thaler gekostet. Dieser Preis fiel aber bald bis auf 20 herunter. Sie schließen ganz dicht an die Beine an. Weil jedoch die Hitze darin unerträglich ist, so sind sie bald wieder aus der Mode gekommen.

Das Federherz erhält man zu Guiana und Quito in Amerika durch Eintrocknung eines milchweissen Saftes, welcher aus einem großen und dicken Baume läuft, den die Einwohner Hhewe nennen. Thönerne Formen (von Thieren, Flaschen 2c. 2c.) taucht man in den Saft, bis er sich dick genug angesetzt hat. Hernach trocknet und räuchert man Alles, und schafft durch Instrumente und durch Wasser den Thon wieder heraus. In Vitrioläther und in Terpentinöhl kann man das Federharz auflösen, um daraus einen elastischen Firniß, z. B. für die taffetenen Luftballons zu bereiten.

Stricke und Seile sind gleichfalls sehr elastisch. Man sieht dies schon an der Armbrust, wo das in

einem hölzernen Bogen gespannte Seil, wenn man es vorwärts gezogen hat und die Kraft dann davon entfernt, schnell wieder in seine vorige Lage zurückspringt und dabey den vor ihm liegenden Körper gewaltsam fortschießt.

Weit wirksamer waren die berühmten Schießgewehre der Alten, die Katapulten und Ballisten. Erstere dienten eigentlich zum Schießen, wie unsere Kanonen, und letztere zum Werfen wie unsere Mörser. In der Hauptsache waren die Katapulten eben so eingerichtet wie unsere Armbrüste. Nur war Alles daran auf einen ungeheuren Effekt berechnet. Ueber der breiten Rinne, in welche man die fortzuschießenden Körper legte, waren zwischen ein Paar Balken zusammengeflochtene Sehnen von Thierhäuten, Gedärmen und Haaren befestigt. Aber diese ungeheuren Stricke konnte man natürlich nicht mit den bloßen Händen zurückziehen und spannen, sondern man mußte dazu mechanische Hülfsmittel anwenden. Man brauchte nämlich einen

starken eisernen Haken dazu, den man mittelst einer Winde in Aktivität setzte. Ließ man nun den Strick auf einmal los, so fuhr er vermöge seiner Elasticität augenblicklich zurück und schnellte die in der Rinne befindlichen Sachen mit unglaublicher Geschwindigkeit fort.

Die Katapulte ruhte auf einem Gestelle wie unsere Kanone auf ihrer Lafette. So konnte man sie nach jeder Seite zu hindrehen und hinrichten. Diejenigen, welche man bey Feldzügen gebrauchte, waren auch wie unsere Artillerie mit Rädern versehen; und so vertraten die Katapulten bey den Alten die Stelle unserer jetzigen Kanonen.

Bey den Ballisten war eben so eine Sehne ausgespannt. In der Mitte der Sehne war ein starker Balken von der Gestalt eines Löffels festgemacht, ohngefähr so wie der hölzerne Hebel an dem Stricke der Säge. Auch dieser Löffel wurde mittelst einer Winde zurückgezogen. Dadurch drehte sich dann die Sehne

zusammen. Legte man nun allerley Körper in den Löffel, und ließ man die Kraft, welche die Sehne spannte nach, so wurden diese Körper mit größter Gewalt eben so in einem Bogen fortgeschleudert, wie unsere Bomben aus den Mörsern.

Katapulten und Ballisten waren von verschiedener Größe und Wirksamkeit. Die größern Katapulten trugen im Bogenschuß (wenn sie etwas in die Höhe gerichtet waren) Pfeile auf eine Weite von 4 Stadien oder 2400 Rheinländische Fuß. Die Gewalt der abgeschossenen Pfeile war dann so groß, daß sie alles, was ihnen im Wege stand, zerschmetterten. Selbst ins Mauerwerk drangen sie ein; und Balken von 12 Fuß, durch die Katapulte fortgeschossen, flogen mit einer solchen Stärke weg, daß sie nicht blos durch dreymal geflochtene Mauern hindurchschlugen, sondern auch noch obendrein tief in die Erde fuhren. Sie waren mit eisernen Spitzen versehen, welche oft eine Länge von 3 Fuß hatten. An ihnen befanden sich nicht selten

allerley brennbare und angezündete Dinge, um dadurch Gebäude oder feindliche Kriegsmaschinen in Brand zu stecken.

Kleine Katapulten nannte man Skorpionen. Begreiflich trugen diese die Pfeile nicht so weit, aber schon in einer ziemlichen Entfernung war man mit ihnen im Stande, einen Mann sammt Schild und Panzer zu durchbohren. Ganze Büschel spitziger Pfeile wurden bisweilen mit ihnen fortgeschossen.

Mit den Ballisten schoß man große Steine, Kunstfeuer, todte und halb verwesete Körper von Menschen und Pferden in die feindliche Stadt, um Gebäude und Menschen zu zerschmettern, oder Feuersbrünste und Krankheiten zu erregen. Auch sie waren von verschiedener Größe, und trugen daher auch Steine oder andere Körper von verschiedenem Gewicht auf unterschiedliche Entfernungen. Der Onager war eine der größten Ballisten. Das Gewicht der damit fortgeschleuderten Steine betrug oft mehrere Centner, ja der berühmte

Mathematiker Archimedes warf bey der Belagerung von Syrakus mit einer außerordentlichen Balliste dreymal hinter einander Felsenstücke von 10 Centnern auf die Sturmbrücke, womit der römische General Marcellus gegen die Stadt rückte, und zertrümmerte sie dadurch gänzlich.

Schade, daß man diese so wirksamen Schießgewehre nach der Erfindung des Schießpulvers ganz bey Seite gesetzt hat. Gewiß hätte man noch manche Verbesserung dabey anbringen und herrlichen Gebrauch davon machen können. Sie sind sehr wohlfeil, verrathen sich weder durch Geräusch, noch durch Dampf, und man kann mathematisch genau damit schießen. Vergebens empfahl sie Silberschlag dem großen Könige von Preußen.

Es ist sehr merkwürdig, daß bey den Alten die Anzahl der Katapulten weit größer war als die Anzahl der Ballisten, so wie heutiges Tages bey dem Artillerie-Etat die Anzahl der Kanonen die Anzahl der Mörser

weit übertrifft. So hatte König Philipp von Macedonien in seinem Zeughause 150 Katapulten und nur 25 Ballisten; bey der Belagerung von Jerusalem gebrauchten die Römer 300 Katapulten und 40 Ballisten.

Katapulten und Ballisten geben freylich das auffallendste Beyspiel von der Elasticität der Stricke ab. Aber auch beym Seiltanzen, beym Festknebeln der Koffer und anderer Lasten, beym Spannen der Säge und bey verschiedenen andern Gelegenheiten sieht man Anwendungen von dieser merkwürdigen Eigenschaft der Stricke. Der Seiltänzer wird, wenn er auf das Seil springt, immer wieder durch die Elasticität desselben zurückgeworfen. Das Spannen der Säge und das Festknebeln von Lasten wird ja blos dadurch bewirkt, daß der zusammengedrehte Strick sich vermöge seiner Elasticität wieder auszubreiten strebt.

Unter den Metallen und Metallkompositionen besitzt der gehärtete Stahl die meiste Elastici-

tät. Eine Degenklinge springt, wenn man sie gebogen hatte, wieder von selbst gerade. Eine Uhrfeder läßt sich ganz gerade ziehen; hört man auf damit, so nimmt sie augenblicklich wieder ihre schneckenförmige Gestalt an. Windet man sie in einen ganz engen Raum zusammen, so dehnt sie sich auch wieder von selbst in ihren vorigen Raum aus. Setzt man ihrer ausdehnenden Kraft ein Räderwerk entgegen, so treibt sie dieses herum; und darauf gründet sich eben die Anwendung der Feder als bewegende Kraft der Taschenuhren. Bey Thür- und Flintenschlössern und bey unterschiedlichen andern Gelegenheiten sind Stahlfedern angebracht, die sich sammt den mit ihnen verbundenen Theilen niederdrücken lassen, die aber bey Endigung der drückenden Kraft, sogleich wieder emporschnellen. Messingene, silberne und andere Metallstreifen macht man durch Hämmern federhart, und wendet sie dann oft zu ähnlichen Zwecken wie die stählernen an, z. B. bey Flötenklappen, die sie

beym Niederdrücken von selbst wieder öffnen. — Dünn gehämmerte Bleystreifen sind sogar elastisch.

Daß Holz elastisch ist, sieht man vorzüglich an Ruthen, wenn man sie biegt. Rohr hat bekanntlich einen hohen Grad von Elasticität. Aber auch Elfenbein ist sehr elastisch. Wenn man ein Paar elfenbeinerne gleich große Kugeln mit einerley Geschwindigkeit an einander rennen läßt, so treiben sie sich wechselsweise wieder zurück. An der Stelle, wo sie zusammentrafen, veränderten sie ihre Gestalt; aber durch ihre Elasticität stellten sie diese augenblicklich wieder her und stießen sich dabey gewaltsam hinweg. Läßt man eine ebene Marmorplatte über einer Oehllampe schwarz anlaufen, und stößt eine elfenbeinerne Kugel nur leise auf die schwarze Fläche, so bekömmt sie ein kleines schwarzes Pünktchen auf ihrer Rundung. Läßt man sie aber, etwa sechs Fuß hoch, auf die Platte herab fallen, so bekömmt sie einen großen schwarzen kreisrunden Flecken. Offenbar mußte also die Kugel

beym Auftreffen auf den Marmor platt gedrückt seyn. Daß sie aber nicht platt geblieben ist, sieht man ganz deutlich. Die Marmorplatte selbst konnte freylich auch etwas nachgegeben haben; aber gewiß nur wenig in Vergleich mit dem Elfenbein.

Alle diese Versuche hatte Herr Waltersdorf vor den Augen seines jungen Zuhörers selbst angestellt. Wie angenehm dieser durch manches Experiment überrascht wurde, kann man leicht denken. Noch mehr erstaunte er über die Beweise, daß Glas in einem hohen Grade elastisch sey. Herr Waltersdorf brachte nämlich erst eine blau und gelb gefärbte Glasfeder zum Vorschein, die aus lauter ganz feinen, mittelst eines Blaserohrs an einer Lampe gesponnenen, Glasfäden zusammengesetzt war. Man konnte sie hin und her biegen, und die Fäden sprangen immer, ohne zu zerbrechen, wieder von selbst gerade. Dann zeigte er eben so verfertigte Glasstricke und Glasbürsten, und zuletzt eine sogenannte Glastrompete. Letztere

ist eine gläserne langhalsigte Flasche wie Fig. 1 und 2. Taf. II., deren Wände und Boden außerordentlich dünn sind. Der Boden ist so dünn, daß man ihm, wenn er die erhabene Gestalt wie Fig. 1. hat, durch einen leisen Druck mit dem Finger eine hohle Gestalt wie Fig. 2. geben kann. Herr Waltersdorf setzte die Flasche vor den Mund. Zog er nun durch Saugen die darin befindliche Luft sanft zu sich ein, so sprang der Boden mit einem Klange in die concave Lage wie Fig. 2. Stieß er durch Blasen wieder Luft in die Flasche, so sprang der Boden mit demselben Klange wieder convex wie Fig. 1.

Daß die Luft sehr elastisch ist — fuhr Herr Waltersdorf fort — kann man durch viele Versuche beweisen. Hier dies Trinkglas drücke ich senkrecht im Wasser nieder. Wenn ich es bis auf den Boden gebracht habe, und ich ziehe meine Hand hinweg, so springt es augenblicklich wieder bis über die Oberfläche des Wassers zurück. Die Luft im Glase war nämlich

beym Niederdrücken im Wasser zusammengepreßt worden; als ich die Hand hinwegthat, dehnte sie sich plötzlich wieder in ihren vorigen Raum aus, und sprengte dabey das Glas in die Höhe. Dasselbe geschieht auch mit einem eben so ins Wasser gedrückten Trichter, dessen obere enge Mündung ich zuhalte. Beym emporschnellen des Trichters spritzt zugleich Wasser aus der Mündung, weil die Luft beym Wiederausdehnen auch ziemlich gewaltsam auf das Wasser wirkte. Eine mit Luft gefüllte fest verschlossene Blase, die man etwas platt drückt, springt bey Nachlassung des Drucks immer wieder in ihre vorige Rundung zurück. Drückt man in einer kleinen unten bey *b* genau verschlossenen Pumpenröhre Fig. 8. Taf. II. den mit Leder umwundenen Stempel *a* so hinein, daß darin ein Luftsäulchen eingesperrt bleibt, so wird bey Nachlassung der drückenden Kraft der Stempel durch die Elasticität der eingesperrten Luft wieder zurückgetrieben.

Auch das Cartesianische Teufelchen Fig. 9.

Taf. II. verdankt sein lustiges Spiel blos der Elasticität der Luft, und zwar einer sehr geringen Luftmasse. Das Teufelchen von gefärbtem Glase ist inwendig hohl und hat hinter seinem Schwänzchen ein ganz kleines Loch, wodurch es auf folgende Art ohngefähr halb mit Wasser angefüllt wird. Man erwärmt das Männchen über glühenden Kohlen. Dadurch wird die Luft zum Theil herausgetrieben. Schnell taucht man denn das kleine Löchelchen unter Wasser. So wie die Figur erkaltet, zieht sich die darin enthaltene verdünnte Luft in einen engern Raum zusammen und durch den Druck der äußern Luft wird dann zugleich Wasser in das Teufelchen getrieben. In ein mit Wasser gefülltes weißes sogenanntes Zwiebelnglas geworfen, muß es darin aufrecht so schwimmen, daß die Hörner nur mit der äußersten Spitze oben aus dem Wasser ragen. Wäre es noch zu leicht, (wenn nämlich noch zu viel von ihm über dem Wasser hervorragt) so müßte man mit Hülfe der Wärme noch Luft heraustreiben und noch

Wasser hineindrängen; wäre es zu schwer geworden (wenn es nämlich tiefer untersinkt), so müßte man es ebenfalls erwärmen; beym Ausdehnen der Luft durch Wärme wird denn immer erst wieder Wasser aus dem Männchen getrieben. Hat man ihm endlich die gehörige Leichtigkeit gegeben, so bindet man fest ein Stück Blase über das Glas. Wenn man nun die Blase mit der Hand nur etwas niederdrückt, so sinkt das Teufelchen unter. Hört man auf mit drücken, so steigt es schnell wieder empor. Auf diese Art kann man es denn auch leicht in eine tanzende Bewegung versetzen.

Drückt man nämlich mit der Hand auf die Blase, so wird auch das Wasser unter der Blase zusammengepreßt. Das Wasser drückt wieder durch das Löchelchen in dem Männchen die geringe Menge Luft, welche es enthält, zusammen; dafür tritt noch etwas Wasser hinein, und macht das Männchen so schwer, daß es untersinken muß. Bey Nachlassung des Drucks dehnt sich die Luft in dem Männchen vermöge ihrer Spring-

kraft wieder aus und treibt auch das vorhin eingedrungene Wasser wieder fort. Das Männchen erhält also die vorige Leichtigkeit wieder und steigt bis zur Oberfläche empor. Das Auf- und Niedertanzen geschieht durch schnelles Drücken und Wiederabsetzen.

Die Wirkung des Heronsballs und des Heronsbrunnens, beyde von dem berühmten griechischen Mechaniker Hero von Alexandrien erfunden, beruht ebenfalls auf der Schnellkraft einer zusammengepreßten Luft. Ein dichtes (gläsernes oder metallenes) cylinderförmiges oder kugelförmiges Behältniß Fig. 12. Taf. II. hat in seiner Mitte eine enge Röhre *b*, die fast bis auf den Boden des Gefäßes herabreicht, und oben mit einem Hahne versehen ist. Verschließt man die Röhre mit diesem Hahne, und füllt man das Gefäß durch die Oeffnung *a* so mit Wasser, daß keine oder doch nur wenige Luft entweichen kann, verschließt man darauf die Oeffnung *a* und dreht dafür den Hahn so, daß seine Oeffnung mit

dem innern Raume der Röhre Gemeinschaft hat, so springt das Wasser aus der Röhre *b* in einem ununterbrochenen Strahle empor. Die durch das Wasser zusammengepreßte Luft suchte sich wieder auszubreiten, und da sie dies nicht konnte, so drückte sie auf das Wasser und preßte es zur Röhre *b* heraus. — Auch ohne eine solche Zusammenpressung der Luft sehen wir in der Folge den Heronsball unter der Glocke der Luftpumpe springen.

Noch interessanter ist der Heronsbrunnen, Fig. 11. Taf. II. Zwey hohle Behälter, ein oberer und ein unterer, sind durch Röhren mit einander verbunden. Die Röhre *a e d* geht durch den obern Behälter hindurch, und läuft in den untern Behälter bis nahe an den Boden desselben. Die Röhre *c f* geht von der Decke des untern Behälters an, durch den obern Behälter hindurch und reicht bis nahe an die Decke dieses Behälters. In der Mitte des obern Baßins befindet sich die Sprungröhre *f*, die in den obern Behälter

bis nahe an den Boden hinab geht. Sie hat einen Hahn zum Verschließen und Oeffnen.

Wenn man nun, nach Verschließung der Sprungröhre *f*, erst den obern Behälter durch die Oeffnung *b* mit Wasser füllt, diese Oeffnung dann mit einer Schraube genau verschließt, und nun auch durch die Röhre *a e d* in den untern Behälter so viel Wasser gießt, bis diese Röhre ganz voll ist, so kommt die in dem obern Behälter und in der Röhre *c f* noch eingeschlossene Luft in einen zusammengepreßten Zustand. Sie drückt folglich auf das Wasser des obern Behälters und treibt es in einem schönen Strahle zur Sprungröhre heraus, so bald man den Hahn derselben in die öffnende Stellung bringt. Wenn die Röhre *a e d* stets voll Wasser erhalten wird, und von der zusammengepreßten Luft nichts entweichen kann, so springt der Brunnen sehr lange fort. — *g* ist ein Hahn zum Ablassen des Wassers, wenn man die Maschine nicht mehr gebraucht. Zwey von den vier Röhren haben weiter keine Verbin-

dung mit den Behältnissen; sie sind blos der Symmetrie und Festigkeit wegen da.

In den Ungarischen Bergwerken hat der Oberkunstmeister Höll den Heronsbrunnen im Großen angewandt; er läßt dadurch die Grubenwasser mit Vortheil in die Höhe treiben.

Auf eben die Art wird auch die Wirkung unserer jetzigen Feuerspritzen ganz von der Elasticität einer zusammengepreßten Luft abgeleitet. Die Haupttheile einer Feuerspritze, wie Fig. 10. Taf. III., sind Stiefel und Windkessel. Zwey Stiefel oder starke genau ausgebohrte metallene Cylinder, A und B, stehen in dem Wasserkasten neben einander. In jedem wird vermöge einer Stange *b* ein dichter mit Leder umwundener geöhlter Kolben, der genau an die innere Röhrenwand anschließt, auf und nieder bewegt. Der Stiefel A mit dem Kolben ist offen, der Stiefel B aber verschlossen dargestellt. Die Kolbenstangen *b b*, wodurch die Kolben auf und nieder bewegt werden,

sind an den Hebebaum D E gehängt, damit, wenn dieser durch Menschen auf und nieder gedrückt wird, auch die Kolben in den Stiefeln auf und nieder gehen. Zu derselben Zeit, wo ein Kolben in die Höhe steigt, sinkt begreiflich der andere immer nieder. Unten stehen die Stiefel, wie gesagt, in Wasser. Wenn nun ein Kolben in die Höhe gehoben wird, so entsteht hinter ihm ein luftleerer Raum; in diesen kann die äußere Luft das anliegende Wasser hineinpressen. Sinkt her- nach der Kolben, so darf er das Wasser nicht wieder zurück in den Wasserkasten drücken, sondern er muß es zur Seitenröhre x in den kupfernen gewölbten Wind- kessel C hineintreiben.

In dieser Absicht hat der Stiefel unten am Bo- den ein Ventil oder eine Klappe, die sich auf- wärts leicht öffnet, durch ein herunterwärts wirkende Kraft aber die Oeffnung, die unter ihr ist, genau schließt. Ein solches Ventil, welches sich nach dem Windkessel zu öffnet, befindet sich auch in der Seiten-

röhre (oder Knieröhre) x. So wie nun beym Aufgange des Kolbens der luftleere Raum im Stiefel entsteht, so drängt die äußere Luft das Wasser durch die Ventilöffnung; aber beym Niedergange des Kolbens muß das Ventil von dem Wasser im Stiefel fest angedrückt werden. Das Wasser selbst kann deswegen an keinen andern Ort gelangen, als durch die Seitenröhre x in den Windkessel C.

So wie das Spiel des Kolbens und der Ventile in dem einen Stiefel ist, so ist es auch in dem andern. Nur drückt der eine Kolben immer, während der andere Kolben saugt (oder hinter sich den luftleeren Raum bildet); und umgekehrt. Durch das fortgesetzte Spiel kommt natürlich immer mehr Wasser in den Windkessel, folglich wird die darin befindliche Luft nach oben zu immer in einen engern und engern Raum gepreßt. Entstände nun unten im Windkessel plötzlich eine Oeffnung, so würde da das Wasser durch die Elasticität der Luft mit Gewalt herausgespritzt werden.

Eine solche Oeffnung *a* hat der Windkessel auch wirklich. Mit ihr ist entweder eine bloße Gußröhre *y*, oder auch ein langer Schlauch (eine Schlange) verbunden, den man an jede beliebige Stelle hinleiten kann. Man hält die Mündung des Schlauchs oder der Gußröhre so lange mit dem Daumen zu, bis Schlauch und Röhre voll Wasser und die Luft in dem Windkessel durch anhaltendes Pumpen hinreichend zusammengepreßt ist. So wie man dann den Daumen von der Mündung hinwegthut, so spritzt das Wasser in einem langen ununterbrochenen Strahle heraus. Durch fortgesetztes Pumpen erhält man die Luft in dem Windkessel, so lange es nöthig ist, in demselben zusammengepreßten Zustande.

Gehört ferner nicht auch das Springen des Eises durch die Elasticität der unter der Eisdecke befindlichen Luft hierher, wovon schon bey der Undurchdringlichkeit (im zweyten Kapitel) geredet ist? Die Windbüchsen, deren Wirkung gleichfalls von der

Elasticität der Luft und zwar einer verdichteten Luft herrührt, sollen erst bey der Lehre von der Luft beschrieben werden.

Dämpfe, z. B. Wasserdämpfe, sind ungemein elastisch. Man sieht dies schon an den Knallkügelchen. Kleine hohle gläserne Kügelchen, ohngefähr wie ein Kirschkern groß, Fig. 3. Taf. II., sind großen Theils mit reinem oder mit gefärbtem Wasser gefüllt, und dann zugeschmolzen. Legt man sie auf glühende Kohlen oder steckt man sie in ein brennendes Licht, so verwandelt sich das Wasser darin in Dämpfe. Diese sammlen sich in dem engen Raume immer mehr an, und werden bald so dicht und so elastisch, daß sie das Kügelchen mit einem ziemlichen Knalle zersprengen.

Die Aeolipila oder Dampfkugel ist ein kupfernes Gefäß wie Fig. 5. Taf. II., mit einer engen schnabelförmigen Röhre und einem hölzernen Handgriffe. Die Röhre läßt sich abschrauben, um Wasser in das Gefäß zu gießen. Bringt man das Wasser darin zum

Kochen, so dringen die Dämpfe mit Gewalt zu der engen Röhre heraus. Sie können aber nicht so häufig herausdringen, als sie sich sammlen, folglich wird ihre Gewalt immer größer und größer, ja endlich so groß, daß sie das Wasser mehrere Ellen weit herausspritzen. Würde die Röhre zufälliger Weise verstopft, so könnte das ganze Gefäß durch die Elasticität der Dämpfe zersprengt werden.

Sehr schön nahm sich folgender Versuch aus, den Herr Waltersdorf mit der Aeolipila anstellte. Statt des Wassers that er Branntwein in das Gefäß, und nachdem er das Zimmer verdunkelt hatte, stellte er das Gefäß wieder, wie vorhin, auf glühende Kohlen. Sobald die Dämpfe mit Gewalt herausströmten, fing er sie in einer gewissen (ein Paar Zoll weiten) Entfernung von der Mündung der Röhre mit einer Lichtflamme auf. Sie entzündeten sich an der Flamme und strömten nun weit hin mit einem herrlichen blauen Lichte.

Man hat die Aeolipila als Löthmaschine angewandt,

indem die ausströmenden Dämpfe die Flamme eines Lichts gewaltsam auf das zu schmelzende Metall hinwerfen mußten.

Der Papinische Topf, welcher von dem Erfinder Papin seinen Namen erhalten hat, ist noch ungleich merkwürdiger. Dieser Topf wird am besten aus starkem Kupfer verfertigt. Sein ebenfalls starker Deckel wird mit Schrauben fest aufgeschraubt. Wenn Wasser oder eine andere Flüssigkeit darin kocht, so können die Dämpfe an keiner Stelle mit der Hitze entweichen. Elasticität der Dämpfe und Hitze werden daher bis zu einem ungeheuren Grade verstärkt. Deswegen dient der Papinische Topf trefflich, um Knochen und andere harte Körper darin in kurzer Zeit und mit wenigem Holze ganz weich zu kochen. Damit die Dämpfe das Gefäß nicht zersprengen können, so ist in dem Deckel entweder ein Sicherheitshebel oder ein Sicherheitsventil angebracht; diese halten eine Oeffnung so lange verschlossen, als die Gewalt der

Dämpfe nicht gar zu groß ist. Wird sie zu groß, so wird Hebel oder Ventil in die Höhe gestoßen, und erst, wenn ein Theil Dämpfe entflohen ist, fallen sie wieder von selbst nieder.

Einen noch weit höhern Begriff von dem gewaltigen Grade der Elasticität der Wasserdämpfe bekommt man durch Dampfmaschinen, durch Erdbeben und Vulkane.

Eine einzige Dampfmaschine vermag oft mehr, als viele Dutzend der stärksten Pferde. In einem verschlossenen Kessel wird Wasser in Dämpfe verwandelt. Die Dämpfe steigen durch eine Röhre in einen großen und weiten Cylinder (einen Stiefel), worin sie durch ihre Gewalt einen Kolben hinuntertrieben. Sobald der Kolben unten ist, wird durch einen Hahn den Dämpfen oben das weitere Eindringen in den Cylinder abgeschnitten; unten aber öffnet sich zu gleicher Zeit ein anderer Hahn, der die Dämpfe an einen Ort führt, wo sie (durch Kälte) wieder zu Tropfen verdich-

tet werden. Dann steigt der Kolben wieder von selbst in die Höhe, weil die Kolbenstange an dem Ende eines starken Hebels hängt, der nach dem andern Ende zu immer das Uebergewicht hat, sobald der Kolben von keinen Dämpfen belästigt wird. Der untere Hahn schließt sich, der obere öffnet sich dann wieder. Neue Dämpfe drücken den Kolben wieder hinunter. Auch diese Dämpfe verschwinden hernach wieder, und so geht das Spiel ununterbrochen fort. Der Kolben, die Kolbenstange und der Hebel, woran die Kolbenstange hängt, gehen mithin beständig auf und nieder; und diese Bewegung kann man von dem Hebel aus auch leicht auf andere zu bewegende Sachen, z. B. Pumpen, Mühlen u. d. gl. hinleiten.

Sehr merkwürdig sind die englischen Steinkohlenbergwerke, die sich oft Meilenweit unter der See hin erstrecken. Durch Dampfmaschinen werden eine große Menge Pumpen in Bewegung gesetzt, die das in ziemlicher Menge von oben eindringende Wasser stets aus

der Grube schaffen. Es ist erstaunend, wenn man bedenkt, daß über den Köpfen der fröhlichen Bergleute Schiffe dahin segeln, die bisweilen über derselben Stelle von den Wellen verschlungen werden, wo jene Menschen unbesorgt ihre Arbeit verrichten.

Seit mehreren Jahren hat man auch Schiffe durch Dampfmaschinen ohne menschliche Beyhülfe stromaufwärts bewegt; und wer weiß, wohin uns die Kenntnisse von diesem merkwürdigen elastischen Körper noch sonst führen werden.

Daß die fürchterlichste Wirkung der Erdbeben und Vulkane durch Dämpfe zuwege gebracht wird, ist bekannt genug. Wenn Wasserströme auf unterirdisches Feuer sich ergießen, so werden sie in Dämpfe verwandelt. Finden nun diese Dämpfe nicht sogleich einen Ausweg, so werden sie immer dichter und stärker, bis endlich der über ihnen liegende Boden ihrer Gewalt nicht mehr widerstehen kann. Sie werfen dann Alles,

was über ihnen ist, mit schrecklichem Getöse in die Höhe, schleudern Steine Meilenweit hinweg 2c.

Herr Waltersdorf nahm jetzt ein Stück frisches Brod und bildete einen sechseckigten Körper, eine Art Doppelkreuz wie Fig. 7. Taf. III. daraus. Dieses warf er mit der größten Gewalt auf den Boden. Ferdinand mußte es wieder aufnehmen. Aber wie erstaunte dieser, als er es in der nämlichen Gestalt wiederfand, welche es vor dem Hinwerfen hatte. Nichts war an der Form verändert worden, keine Spitze war abgebrochen. Er hatte nichts weniger geglaubt, als es ganz platt und zerfetzt in die Hand zu bekommen, da man doch frisches Brod gewöhnlich unter die zähen Körper rechnete.

Daß es in dem Augenblicke des Auffallens platt geworden ist, sagte Herr Waltersdorf, daran braucht man gar nicht zu zweifeln. Aber vermöge seiner gewiß nicht unbedeutenden Elasticität stellte es seine Form augenblicklich von selbst wieder her. —

Sogar aus Windbüchsen kann man es gegen eine Wand schießen, ohne daß es seine Gestalt beträchtlich verändert.

Nun bekam Ferdinand einen Glastropfen (eine Glasthräne) wie Fig. 1. Taf. III. in die Hand. Er mußte mit einem großen Schlüssel auf den massiven Kolben dieses Glaskörpers schlagen, nachdem er ihn auf den Tisch gelegt hatte. Durch die Schläge zerbrach er keinesweges. Dann mußte er ihn in die eine Hand nehmen, und mit den Fingern der andern Hand von dem Schwanze nur eine Spitze abbrechen. In dem Augenblicke, wo dies geschah, zerfiel der ganze Körper in Staub. Ferdinand erschrak etwas darüber, weil er dies gar nicht vermuthet hatte. Eben deswegen, sagte Herr Waltersdorf lächelnd, werden sie auch Vexiergläser oder Springgläser genannt.

Auch ein Glaswurm, wie Fig. 2. Taf. III. wurde gezeigt. Dieser ließ sich mit einem Buche schla-

gen und hin und her rollen, ohne daß er zerbrach. Sobald man aber nur die äußerste Spitze davon trennte, so zerstäubte er ebenfalls. Jetzt wurde eine Bologneser Flasche oder ein Springkölbchen, ein kleines gläsernes Fläschchen wie Fig. 3. Taf. III., herbeygebracht, das einen sehr dicken Boden hatte. Herr Waltersdorf schlug diesen Boden gewaltsam gegen einen Balken; auch ließ er eine bleyerne Kugel in das Fläschchen fallen. Es veränderte sich dadurch keinesweges. Dann aber ließ er ein ganz kleines Splitterchen von einem Feuersteine (kaum so groß als ein Stecknadelknopf) hineinfliegen. So wie dieses den Boden berührte, sprang das Fläschchen von einander.

Alle diese seltsamen Erscheinungen erklärte Herr Waltersdorf auf folgende Art. Wenn Körper spröde sind, sagte er, so befinden sich die Theilchen derselben immer in einer starken Spannung, in einer unnachgiebigen Lage, die sich am besten zum Zerbrechen eignet, und die auch bey nicht spröden Körpern immer

dem Augenblicke des Zerbrechens zunächst vorangeht. Läßt man flüssiges Glas tropfenweis in kaltes Wasser fallen, so bilden sich die Glasthränen wie Fig. 1. Indem das Glas plötzlich aus großer Hitze in große Kälte kommt, so werden die Theilchen des Glases plötzlich zusammengezogen, und zwar die äußern, die das Wasser zunächst berühren, mehr als die innern. Dadurch werden die Theilchen nicht blos in einem hohen Grade und widernatürlich gespannt; sie kommen auch in einen ungleichen Zusammenhang mit einander. Das Abreissen des Schwanzes macht in dem Körper gleichsam eine krampfhafte Erschütterung, die sich von einem Theilchen bis zum andern augenblicklich fortpflanzt und sogleich die Trennung derselben veranlaßt. — Mit den Glaswürmern hat es eine ähnliche Bewandniß.

Schließt man den Glastropfen in Thon oder Wachs ein, so fällt er beym Abbrechen eines Schwanzstückes ebenfalls in Staub; aber nicht, wenn man ihn auf

Kohlen wohl durchglüht und allmälig wieder abgekühlt hat.

Die Bologneser Flaschen, welche im Jahr 1716 erfunden und im Institute zu Bologna zuerst gebraucht wurden, kühlt man in freyer Luft ab. Dadurch werden sie ebenfalls spröde, obgleich nicht so spröde als die Glastropfen. Das Feuersteinchen (oder auch nur ein Sandkörnchen) macht immer einen ganz kleinen Riß, den Anfang zur Trennung, welche sich bald nach den übrigen Theilchen hin fortpflanzt.

Damit nun nicht alle Gläser, welche man auf Glashütten verfertigt, eine solche Sprödigkeit erhalten — wie leicht würden sonst unsere Fensterscheiben, unsere Flaschen, unsere Trinkgläser u. d. gl. zerbrechen — so läßt man sie in einem eignen Kühlofen allmälig abkühlen. Damit der gehärtete Stahl seine Sprödigkeit verliere, so läßt man ihn an, das heißt, man erwärmt ihn bis zu einem gewissen Grade auf glühenden Kohlen. Durch eine außerordentlich starke

Kälte werden fast alle Metalle so spröde, daß sie durch das bloße Hinfallen auf die Erde in Stücke zerspringen.

Fünftes Kapitel.

Besondere Arten der Bewegung.

Du magst dir einen Körper denken, welchen du willst, fuhr Herr Waltersdorf in der nächsten Stunde fort, er befindet sich immer an einem Orte, der ein Theil des ganzen unermeßlichen Weltraums ist. Man nennt diesen Ort des Körpers den absoluten oder wahren Ort, seine Ruhe daselbst die absolute Ruhe oder wahre Ruhe. Wenn er den absoluten Ort verläßt, so kommt er in absolute Bewegung. Wird hingegen Ort, Ruhe und Bewegung eines Kör-

pers nur nach der Lage anderer um ihm herum befindlicher Körper bestimmt, so ist alles jenes nur relativ oder scheinbar.

Auf der Erde, die in steter Bewegung ist, giebt es keinen Körper, der in absoluter Ruhe sich befände. Die Häuser, Bäume, Tische u. d. gl. sind blos in relativer Ruhe. Die Sonne und alle übrige Fixsterne befinden sich, nach der gewöhnlichen Annahme, in absoluter Ruhe. Absolut bewegen kann sich ein Körper auf der Erde; wir sind aber nie im Stande dies richtig zu beurtheilen. Von relativer Bewegung sehen wir in jedem Augenblicke Beyspiele, an uns selbst, wenn wir fortgehen, an Vögeln, Wolken, hinweggeschleuderten Steinen ꝛc. ꝛc.

Wenn ich mit der Kreide auf der Tafel herumfahre, so muß bey der Bewegung der Kreide immer eine gewisse Zeit verstreichen. Denn unmöglich kann die Kreide an zwey Orten zugleich seyn. Betrachten wir die Kreide als einen Punkt, so beschreibt sie eine Linie,

welche Weg oder Bahn genannt wird. Ist der Weg eine gerade Linie, so giebt er die Richtung des bewegten Körpers an. — Was von der Kreide gilt, ist natürlich auch auf jeden andern Körper anzuwenden.

Die Zeit mit dem Wege des bewegten Körpers verglichen, führt uns auf die Geschwindigkeit des Körpers. Selbst der gemeinste Mensch macht solche Vergleiche, um eine Geschwindigkeit zu bestimmen. Wäre wohl irgend ein Sinn darin, wenn ich sagen wollte: Herr N. N. ist sehr geschwind geritten, er ist von Frankfurt nach Gießen geritten! Oder wenn ich so spräche: Herr N. N. ist sehr geschwind geritten, er ist in drey Stunden geritten! Wenn ich aber sage: Herr N. N. ist sehr geschwind geritten, er ist in drey Stunden von Frankfurt nach Gießen geritten dies versteht freylich gleich ein Jeder.

Derjenige von ein Paar Körpern bewegt sich natürlich am geschwindesten, welcher in einerley

Zeit den größten Weg, oder einerley Weg in der kürzesten Zeit zurücklegt. Eine große Geschwindigkeit hat oft der Wind; starke Winde bewegen sich in einer Sekunde Zeit wohl 60, 80, 100 und noch mehrere Fuß weit fort. Eben so geschwind ist nicht selten die Bewegung der Pferde. Die berühmtesten Renner in England legen in einer Sekunde 80, auch wohl etliche 80 Fuß zurück. Abgeschossene Kugeln bewegen sich in einer Sekunde 200, 400, 600 und noch mehrere Fuß weit fort. Der Schall braucht eine Sekunde Zeit, einen Weg von 1040 Fuß zurückzulegen. Aber alles dieses kommt der Geschwindigkeit nicht gleich, mit welcher die Himmelskörper und vorzüglich das Licht sich bewegen. Bey der jährlichen Umdrehung der Erde um die Sonne durchfliegen wir in einer Sekunde einen Weg von drey Meilen. Das Licht aber braucht nur eine Sekunde Zeit, um sich durch einen Raum von 40,000 Meilen fortzupflanzen.

Ist die Bewegung stets gleichförmig, so ist natürlich die Geschwindigkeit in jedem Zeittheilchen unveränderlich, und dann können die zurückgelegten Wege recht gut dienen, die Zeit zu messen. Dies geschieht nun auch wirklich bey den Himmelskörpern, bey den Uhren ꝛc.

Sechstes Kapitel.

Trägheit oder Beharrungsvermögen.

Ein Körper, der ruht, kömmt nicht von selbst aus dem Zustande der Ruhe; er wird immerfort in diesem Zustande bleiben, wenn ihn keine Ursache, keine Kraft in Bewegung bringt. Ein Körper, der sich bewegt kommt ebenfalls nicht von selbst aus dem Zustande der

Bewegung. Er wird sich bis in Ewigkeit fortbewegen, und zwar mit einerley Geschwindigkeit und nach einerley Richtung hin, wenn keine Kraft diese Bewegung aufhält. Dies Unvermögen eines Körpers für sich selbst eine Veränderung seines Zustandes zu bewirken, sich von selbst aus der Ruhe in Bewegung, aus der Bewegung in Ruhe zu versetzen, wird Trägheit, besser Beharrungsvermögen genannt.

Das konnte Ferdinand nicht begreifen, daß ein bewegter Körper nicht im Stande seyn sollte, von selbst in Ruhe zu kommen. Er meynte, daß jeder Körper, dem man einen Stoß versetzte, eine Kugel, die man durch die Luft schösse rc., doch bald von selbst in Ruhe käme. — Keinesweges von selbst, fiel Herr Waltersdorf ein; es sind allerley Kräfte oder Hindernisse, die diese Körper zur Ruhe bringen, z. B. Rauhheiten des Bodens, die sich dem bewegten Körper entgegenstämmen und nach und nach seine Bewegung schwächen, Widerstand der Luft u. d. gl. Wo diese Hinder-

nisse im geringern Grade statt finden, z. B. auf einer Eisfläche, da dauert die Bewegung immer länger; freylich hört sie nach einiger Zeit doch auf, weil wenige Hindernisse immer noch Hindernisse sind.

Wirkt eine Kraft auf einen Körper, um die Trägheit desselben zu überwinden, so muß sie natürlich stärker seyn, als der Widerstand, den der Körper durch sein Beharrungsvermögen der Kraft entgegensetzt. Ist sie aber nicht sehr viel stärker, so wird die Trägheit nicht auf einmal, sondern erst nach einiger Zeit überwunden. Bey einem ruhenden Wasserrade (oder Mühlrade) worauf man wieder Wasser schiessen läßt, bemerkt man recht eine solche Trägheit. Man sieht, wie schwer es aus dem Zustande der Ruhe zu bringen ist. Es bewegt sich erst ganz langsam herum, nach und nach bewegt es sich geschwinder und endlich bekommt es die Geschwindigkeit, mit welcher es sich unverändert umwälzt. Hält man jenes Wasser plötzlich auf (z. B. durch Zusetzen der Schützenöffnung), so

dreht sich das Rad doch noch eine Zeitlang um, ehe es zur Ruhe gelangt. Ein stark beladenes Fuhrwerk ist oft sehr schwer von der Stelle zu bringen. Man peitsch die Pferde oft aufs Blut, und der Wagen rückt nicht. Ist er aber einmal in Bewegung, so geht er gemeiniglich recht gut fort. Wenn ein schnell fahrender Wagen plötzlich still hält, so bekommen die darin sitzenden Menschen einen Stoß vorwärts. Ein Mensch, der im stärksten Laufen ist und unvermuthet auf einen Graben, Sumpf u. d. gl. stößt, muß ohne Gnade hinein oder hinüber.

Jetzt legte Herr Waltersdorf eine Kugel auf ein Bret, welches er horizontal in den Händen hielt. Bret und Kugel ruheten. Aber nun bewegte er das Bret horizontal vorwärts. Da schien denn die Kugel zurückzulaufen, obgleich sie eigentlich, vermöge ihrer Trägheit, nicht aus der Stelle ging. Wenn aber die Kugel einmal mit dem Brete eine horizontale Bewegung erhalten hatte, und die Bewegung des Brets plötz-

lich gehemmt wurde, so lief doch die Kugel noch vorwärts.

Nun brachte Herr Waltersdorf die Schwungmaschine herbey, welche aus drey horizontal liegenden von einem Gestelle eingeschlossenen kreisrunden Scheiben bestand. Um diese Scheiben ging ein sogenanntes Seil ohne Ende, damit, wenn eine Scheibe umgedreht wurde, alle drey in Bewegung kamen. Die kleinste Scheibe hatte eine Kurbel zum Drehen; die größte hatte in ihrer Mitte einen beweglichen messingnen Stab, dessen äußeres Ende eine Kugel enthielt, welche auf der Scheibe lag. Wurde diese Schwungmaschine in Bewegung gesetzt, so sah man sehr deutlich die Trägheit der Kugel. Sie lief anfangs nicht mit herum; dann aber fing sie an, auf der Scheibe zu rollen, und erst nach einiger Zeit schwebte sie gleichsam und erhielt einerley Geschwindigkeit mit der Scheibe. Hemmte man plötzlich die Bewegung der Scheibe, so lief doch die Kugel noch lange Zeit fort, und man sah wieder

sehr deutlich ihr Bestreben, die einmal erhaltene Bewegung beyzubehalten.

Die Schwungmaschine wurde bey Seite gesetzt, und eine Bouteille mußte ihre Stelle einnehmen. Auf den Hals der Bouteille wurde ein biegsamer ohngefehr 1 Fuß weiter Ring aus dünner Pappe gestellt, wie Fig. 4. Taf. III. Ueber die Mündung der Bouteille wurde auf den Ring bey *a* ein Stück Geld gelegt, von der Größe, daß es in die Bouteille hineinfallen konnte. Herr Waltersdorf schlug mit einem Finger den Ring so gewaltsam von der Bouteille, daß er weit in die Ecke des Zimmers flog; das Stück Geld lag in demselben Augenblicke in der Bouteille. Er setzte den Ring wieder auf, und legte nun wohl acht Stücke Geld bey *a* eins über das andere. So wie er den Ring herabgeschlagen hatte, lagen auch schon alle Geldstücke in der Flasche. Er mußte aber in den Ring hinein schlagen, wenn das Kunststück gelingen sollte.

Das Ferdinand durch diesen Versuch sehr frap-

pirt wurde, kann man leicht denken. Auch er wiederholte das Experiment einige Mal, und es ging trefflich, so bald er in den Ring hineinschlug. Traf er den Ring von Außen, so flog das Stück Geld weit über die Bouteille hinweg.

Der Ring, fuhr Herr Waltersdorf fort, wird durch den heftigen Schlag sehr schnell unter dem Gelde hinweggeführt. Das Geld aber bleibt vermöge seiner Trägheit an derselben Stelle. Da es sich nun an dieser Stelle nicht halten kann, so fällt es gerade herab in die Bouteille. Schlägt man von Außen an den biegsamen Ring, so erhält dieser schnell eine in die Höhe gerichtete ovale Gestalt, und das Geld muß denn wohl hinweggeschleudert werden. Eben deswegen qualificirt sich auch der biegsame Ring vorzüglich gut, dem Versuche ein recht wunderbares Ansehen zu geben. Wer es nicht weiß (und leicht merkt man es nicht), daß der Experimentator in den Ring hineinschlägt, der wird bey Nachahmung des Kunststücks den Ring

stets von Außen treffen, und dann werden die Geldstücke nie in die Bouteille kommen.

Nicht so hübsch ist der Versuch mit dem Kartenblatte, welches man auf den Hals der Bouteille legt. Schnellt man das Kartenblatt mit dem Finger fort, so fällt das über der Flaschenmündung auf der Karte liegende Geldstück ebenfalls in die Bouteille.

Es wurde nun oben an der Thürschwelle eine Waage befestigt. Die eine Schaale wurde hinweggenommen und an ihre Stelle eine bleyerne dreypfündige Kugel fest gemacht. Durch Gewichte, die man an's andere Ende des Waagbalkens in die Waagschaale legte, stellte man das Gleichgewicht der Waage her. Darauf wurde an die Schaale ein etwas langer Zwirnsfaden gebunden, und an den Faden ein Gewicht von 9 Pfunden befestigt. Ließ man nun dies Gewicht allmälig herabsinken, so kam die Waage aus dem Gleichgewicht. Ließ man es aber von der Waage schnell

herunterfallen, so riß der Faden, ohne daß die Waage sich im mindesten bewegte.

Hieraus folgt also, daß ein Körper, der auf einmal mit großer Kraft und vorzüglich mit großer Geschwindigkeit angegriffen wird, auch plötzlich aus dem Zustande der Trägheit herauskommt, und zwar oft so plötzlich, daß anliegende Körper oder Körpertheilchen gar nichts von jener Bewegung empfinden, weil zur Fortpflanzung oder Mittheilung der Bewegung gar keine Zeit da war. Eben deswegen kann man auch eine Bombe, die frey an einen Stricke hängt, leicht mit einem daran befestigten Zwirnsfaden in Bewegung setzen und ihr die größte Schwingung geben; wenn man aber hastig anzieht, so reißt der Zwirnsfaden. Eben deswegen kann man mit einem Talglichte durch ein dickes Bret und mit einer Kugel ein rundes Loch durch eine Fensterscheibe schießen. Eben deswegen können Maurer die Steine auf ihren Händen zerschlagen, und Menschen, deren Brust stark genug ist, einen Am-

hoß zu tragen, können so viel auf sich schmieden lassen als sie wollen. — Auch noch folgende Versuche, sagte Herr Waltersdorf, werden auf eben die Art erklärt.

Ich setze zwey mit Wasser gefüllte Gläser, wie Fig. 5. Taf. III., so neben einander, daß ein Zwischenraum von ohngefähr 1½ Fuß zwischen ihnen bleibt und daß die Ränder der Gläser, wenigstens beynahe, in einer und ebenderselben horizontalen Ebene sich befinden. Nun lege ich einen dürren Stock auf den Rand der Gläser, und mit einem dicken Knüppel zerschlage ich den Stock in der Mitte. Was sehe ich! die Gläser sind unversehrt geblieben und nicht einmal ein Tropfen Wasser ist verschüttet worden. Ich lege einen ähnlichen, vielleicht etwas dünnern Stock zwischen ein Paar Haarschleifen. Den Stock zerschlage ich, und die Haarschleifen bleiben ganz.

Oft äußern aber auch Körper, deren Trägheit eine gewisse Kraft überwältigen will, einen starken Wider=

stand und wirken mit einem heftigen Stoß auf jene Kraft zurück. Sind die Körper flüssig und in ein Gefäß eingeschlossen, so zersprengen sie oft die Wände desselben und treiben auch andere anliegende feste Körper gewaltsam mit fort.

Die Hand empfindet einen Schmerz, wenn man sie mit Gewalt und flach gegen das Wasser schlägt. Könnte man mit ungeheurer Geschwindigkeit dagegen schlagen, so würde dadurch die Hand eben so gut vernichtet werden, als wenn man sie vor die Mündung einer losgehenden Kanone hält. Beyspiele, daß man Holz, Degenklingen u. d. gl. auf dem Wasser zerschlagen hat, sind nicht selten; ja selbst Kanonenkugeln prallen wohl von demselben zurück.

Ich halte jetzt einen Glastropfen in ein Trinkglas voll Wasser, und bedecke es mit einem Blättchen Papier so, daß der Schwanz des Tropfens zum Theil aus einem Löchelchen des Papiers hervorragt. Ich breche oben den Schwanz ab. Siehe da! das Trinkglas ist

zersprungen! — Die plötzlich angegriffenen Wassertheilchen wollten ausweichen, konnten nicht, und wirkten daher gewaltsam auf die Wände des Glases.

Derselbe Versuch läßt sich im Freyen auf eine weit imposantere Art anstellen. Man füllt ein großes starkes Faß mit Wasser und setzt in dasselbe eine wohlverwahrte Bouteille mit ohngefähr $\frac{1}{4}$ Pfund Schießpulver. In den Hals der Bouteille ist eine Röhre gekittet, welche oben zum Wasser herausragt, wie Fig. 6. Taf. III. Die Röhre wird mit Brennmaterialien gefüllt, oder mit einem bis in die Bouteille reichenden Schwefelfaden versehen, den man dann anzündet. Sobald er bis in die Bouteille hinuntergebrannt ist, so wird die Bouteille zersprengt, das Faß mit größter Gewalt von einander getrieben, und die Stücke sammt dem Wasser weit hinweggeschleudert.

Eine Blase, an deren Oeffnung eine Röhre befestigt war, tauchte Herr Waltersdorf in ein mit Wasser gefülltes Gefäß. Durch allmäliges Aufblasen derselben

war er im Stande, das Wasser aus dem Gefäße zu treiben. Hätte er die Blase plötzlich aufblasen können, so würde auch hier das Gefäß zersprungen seyn.

Nun brachte er eine Röhre herbey, die verstopft war. Er schlug heftig auf das eine Ende derselben, und der fremde Körper flog heraus, der die Röhre verstopft hatte. Die Erschütterungen, sagte er, pflanzen sich augenblicklich durch die Röhre hin fort, und sprengen denjenigen Körper von der Röhre ab, der mit den Theilchen der Röhre den geringsten Zusammenhang hat. Auch eine irdene Tabackspfeife legte er auf den Tisch. So wie er mit einem Stocke gegen das Ende der Pfeife schlug, flog der Kopf von der Pfeife ab, die Röhre aber blieb unversehrt. Die Erschütterungen blieben gleichsam an dem schwererern Kopfe haften, der eben durch sein Gewicht auch die Stelle der Röhre schwächte, woran er saß.

Siebentes Kapitel.

Zusammengesetzte Bewegung.

Beym Anfang der folgenden Stunde zeichnete Herr Waltersdorf eine Figur an die Tafel, eben so wie Fig. 9. Taf. III. Denk dir einmal, fuhr er dann in seinem Unterrichte fort, *a* sey ein Körper, der von einer Kraft x oder von mehreren eben daher wirkenden Kräften x nach einerley Richtung, nämlich nach *b*, hingetrieben wird, so ist die Bewegung dieses Körpers eine einfache Bewegung. Dasselbe ist der Fall, wenn die Kraft *y* ihn blos nach der Richtung *d* hintreibt. Man braucht nur eine Kugel, welche auf dem Tische liegt, mit einer Hand fortzuschlagen, um

ein deutliches Beyspiel von der einfachen Bewegung zu erhalten.

Wenn aber die Kräfte *x* und *y* zu gleicher Zeit so auf den Körper *a* wirken, daß ihn *x* nach *b*, und *y* nach *d* hin bewegen will, so kann er natürlicherweise weder nach *b*, noch nach *d* kommen. Seine Bewegung ist nun eine zusammengesetzte Bewegung; er muß dann eine Richtung nehmen, welche zwischen den beyden Richtungen *a b* und *a d* liegt. Wirkten die beyden Kräfte *x* und *y* gleich stark auf den Körper *a*, so ginge dieser in einer Richtung, welche genau in der Mitte der beyden Richtungen *a b* und *a d* läge, oder mit andern Worten, er ginge in der Diagonale *a c* des Parallelograms *a b a d*, welches in dem eben angenommenen Falle gleichseitig seyn würde. Bey ungleichen Kräften muß der Körper in einer Richtung gehen, die der Direktion der stärkern Kraft näher ist. Sollte z. B. der Körper *a* in derselben Zeit von der Kraft *y* durch *a f* getrieben werden, in welcher die

Kraft *x* ihn durch *a b* forttreiben will, so wäre *a e* die zu durchlaufende Diagonale; für den Weg *a b* und *a h* wäre es *a g* u. s. w.

Nun wurde ein glatt gehobeltes Bret mit einer eben solchen Zeichnung wie Fig. 9. auf den Tisch gelegt. Ueber *a* (einer elfenbeinernen Kugel) etwas zur Seite hingen zwey Hämmer. Den einen konnte man mittelst eines Fadens nach *x*, und den andern eben so nach *y* aufheben. Ließ man sie zu gleicher Zeit mit gleicher oder ungleicher Kraft gegen *a* fallen, so trieben sie diesen Körper nach der Diagonale *a c*, oder *a e* oder *a g* u. s. w. — Eine solche Vorrichtung nennt man eine Diagonalmaschine.

Im gemeinen Leben kommt die zusammengesetzte Bewegung unzählig oft vor. Wenn man mit einen Nachen quer über einen Fluß setzen will, so darf man nicht auf die gegenüber liegende Stelle gerade hin steuern. Es würde sonst unmöglich seyn, daselbst anzukommen. Wir wollen aber anneh-

men, ein Schiffer steuerte gerade auf den gegenüber liegenden Ort zu, und wir ständen am Ufer so, daß der Fluß uns zur Rechten hin flösse. Alsdann würde auch der Schiffer an eine Stelle gelangen, die, nach unserem Platze, von jenem Orte rechts läge. Das Fahrzeug wird nämlich von zwey Kräften getrieben, von der Kraft des Stromes nach der Richtung des Wasserlaufs und von der Kraft des Ruderers nach dem gegenüberliegenden Orte hin. Es kann also weder an diesem Orte ankommen, noch auch mit dem Wasserstrome fortschwimmen, vielmehr muß es an einer Stelle anlangen, die zwischen diesen beyden Richtungen liegt. Der Schiffer muß daher wissen, wie weit er links zu steuern hat, um an dem bestimmten Platze anfahren zu können.

Eigentlich wirkt die Kraft des Ruderers und die Kraft des Wasserstroms in abgesetzten Zeittheilen auf das Fahrzeug. Stellte Fig. 8. Taf. III. den Fluß vor, über den man quer hinüber rudern will, und ginge

der Lauf desselben nach der Richtung des Pfeils, so kann man sich von der zusammengesetzten Bewegung des Fahrzeugs einen noch deutlichern Begriff machen. Die Kraft des Ruderers muß schräg gehen, und da giebt es denn, wegen der Wirkung der Kräfte in abgesetzten Zeittheilchen, eine Menge Diagonalen von lauter kleinen Parallelogrammen, wie sie die Figur darstellt. — Je stärker übrigens der Strom ist, desto schräger muß die Richtung seyn, in welcher der Schiffer stromaufwärts fährt.

Ein Kirschkern, den man zwischen den Fingern fortschnellt, trifft gemeiniglich das Ziel, wonach man ihn richtet. Warum? – Der eine Finger drückt ihn rechts, der andere zu gleicher Zeit links, er muß also wohl in der mittlern Richtung dieser beyden Kräfte, d. h. in gegenwärtigem Falle, gerade aus fliegen.

Wenn man eine Sache im Laufen, Reiten und Fahren nach einem Gegenstande

hinwirft, so trifft man diesen Gegenstand nicht. Läuft, reitet oder fährt man nach Osten, so fällt die Sache östlich vom dem Ziele nieder. Hierauf gründet sich beym Herausspringen aus einem Wagen die so nöthige Vorsicht, nach den Vorderrädern hin zu springen.

Läßt man oben vom Mastbaume eines schnell segelnden Schiffs einen Apfel, einen Stein u. d. gl. herabfallen, so findet man ihn unten am Mastbaume wieder; das Schiff ist nicht etwa, wie unwissende Menschen wohl glauben, unter dem fallenden Körper hinweggesegelt. Sowohl der Mensch, welcher den Apfel von dem Mastbaume herabfallen ließ, als auch der Apfel selbst, den der Mensch in der Hand hatte, kann als ein Theil des Schiffs angesehen werden, weil er mit diesem einerley Geschwindigkeit hat. Er kann also weder, eben so wie der obere Theil des Mastbaums, gerade aus fliegen, noch auch, wie in der ruhenden Lage des Schiffs, vertikal her-

abfallen; er muß vielmehr einen Weg nehmen, der zwischen jenen beyden Richtungen liegt.

Gesetzt, M *e* Fig. 1. Taf. IV. bedeute den Mastbaum, die Zwischenräume zwischen den Buchstaben M, *a*, *b*, *c*, *d*, *e* den Weg, welchen der Apfel während des Falls beschreiben würde, wenn das Schiff ruhte, und die Linie *f k* die Länge des Weges, den das Schiff oder vielmehr der oberste Theil des Masts während des Falls zurücklegte. So wie das Schiff von M bis *f* gekommen war, hatte der Apfel im Fallen die Diagonale M 1 des Parallelograms M *a* 1 *f* zurückgelegt; so wie es in *g* anlangte, war der Apfel bis 2 niedergefallen, indem er auf dem Weg M 2 sich fortbewegt hatte 2c. Während also der Mastbaum bey *k* ankam, konnte man den Apfel bey 5 finden. Er hatte demnach im Ganzen den Weg M, 1, 2, 3, 4, 5 beschrieben, welcher, wie man sieht, keine gerade Linie ist. Da nun 1 unter *f*, 2 unter *g*, 3 unter *h*, 4 unter *i*, 5 unter *k* liegt, so mußte natürlich der Apfel, der von der Spitze des Masts

herabfiel, jedesmal unten am Mastbaume wiedergefunden werden, das Schiff mochte auf dem Meere noch so weit fortgerückt seyn.

So wie ein Körper, der von einem bewegten Gegenstande herabfällt, diesem Gegenstande in einer schräg herabgehenden Linie folgt, so folgt auch in einer schräg hinaufgehenden Linie einem bewegten Gegenstande derjenige Körper, welcher von diesem Gegenstande aus in die Höhe geworfen wird. Denn auch ein solcher Körper wird von zwey Kräften getrieben; die eine treibt ihn horizontal fort, die andere treibt ihn zu gleicher Zeit vertikal in die Höhe. Er muß also wohl die mittlere Richtung dieser Kräfte nehmen. Daher kommt es, daß derjenige, welcher beym Schlittenfahren, Schlittschuhlaufen, Carousselreiten ꝛc. etwas in die Höhe wirft, dieses leicht wieder auffangen kann. Daher ist es weiter keine Kunst, wenn die englischen Bereiter sich über ihr im Gallop laufendes Pferd erheben, durch einen

Reifen und über ein Seil springen und dann wieder auf das Pferd, das indessen unter ihnen hinwegläuft, zu stehen kommen. Freylich müssen sie gelernt haben, sich auf dem Sattel zu erhalten, wenn das Pferd still steht und wenn es in Bewegung ist. Für weiter haben sie auch nichts zu sorgen. Wer hingegen auf ein im Gallop laufendes Pferd herabspringen wollte, ohne in dem Augenblicke des Herabspringens auf demselben gewesenzu seyn, der müßte nothwendig hinter dem Pferde niederfallen.

Eben so müßte ja auch wohl eine Kugel, die man aus einer genau senkrecht stehenden Kanone abschösse, wieder in die Mündung der Kanone zurückfallen? Der Mathematiker Mersenne und der Ingenieur Moutier stellten wirklich Versuche hierüber an, die indessen nicht gelingen konnten, weil es wohl möglich war, die Kanone vertikal aufzurichten, aber nicht die Kugel perpendikulair aus der Mündung zu treiben. Wenn man Kugeln von einem Thurme herabfallen läßt, so gelingt das Experiment schon viel

besser. Eine Kugel fällt unten am Thurme nieder, obgleich der Thurm wegen der Achsenumdrehung der Erde in jeder Sekunde 900 Fuß weit nach Osten zu rückt. Aber die herabfallende Kugel macht ja einen Theil des Thurms aus; sie wird von zwey Kräften getrieben, nach der einen folgt sie dem Umschwunge der Erde, und macht so die 900 Fuß in einer Sekunde ostwärts mit, nach der andere folgt sie dem Gesetz der Schwere und fällt auf den Punkt der Erdoberfläche herab, über welchem sie beym Anfange ihres Falles senkrecht sich befand.

Indessen zeigt sich hierbey noch folgende Merkwürdigkeit. Schon der große Newton behauptete im Jahr 1679, daß eine Kugel, die man von einem hohen Thurme fallen ließe, etwas nach Osten fallen müsse, weil in der Spitze des Thurms die Schwungbewegung, welche aus der Achsendrehung der Erde entsteht, größer sey, als am Fuße desselben. Wirklich ist dies auch in dem neuesten Zeiten durch Guglielmini's

und noch mehr durch Benzenberg's Versuche (welche er auf dem Michaelisthurme zu Hamburg anstellte) vollkommen bestätigt worden. Dadurch hätte man denn auch den direktesten Beweis für die Achsen-Umdrehung der Erde gefunden.

Hier, lieber Ferdinand, siehst du (Fig. 5. Taf. IV.) ein vertikales Bret, ohngefähr 1 Fuß ins Gevierte groß. Es ruht auf einem Postamente. Eine Schnur, woran der Körper *c* hängt, ist um eine Rolle *a* geschlagen, und geht von da um eine Rolle *b*. Die Rolle *b* dreht sich blos um ihre Mitte, die Rolle *a* aber ist zugleich in einem horizontalen Einschnitte von *a* nach *b* beweglich. Zieht nun hinter *b* eine Kraft an der Schnur, so geht der Körper *c* in der Diagonale *c b* des Parallelograms *a b c d* in die Höhe, weil die Schnur nicht blos um die Rolle *a* sich wickelt, sondern weil auch zu gleicher Zeit die Rolle *a* selbst horizontal fortgeht. Auf eben die Art würde nun auch der Körper *c* in der Diagonale *b c* sich herunter bewegen,

wenn man die Rolle *a* von *b* aus zurückgehen ließe und die Schnur sich zu gleicher Zeit von der Rolle *a* abwickelte.

Eine Nachahmung von dieser Diagonalmaschine ist auf Theatern diejenige Vorrichtung, vermöge welcher man Menschen, einen Götterwagen, eine Wolke u. d. gl. schief herabsteigen läßt. — Also lauter Anwendungen von der zusammengesetzten Bewegung!

Auch Thiere, vorzüglich Schlangen, Ottern, Fische, Vögel, Schmetterlinge und andere beflügelte Insekten wissen oft durch doppelte Schläge, die sie sich versetzen, eine zusammengesetzte Bewegung zu erzeugen, um sich nach gewissen Richtungen hin fortzutreiben. Und so sehen wir diese Bewegung noch bey manchen andern Vorfällen des menschlichen Lebens.

Wäre die Bewegung aus drey nach verschiedenen Richtungen hin treibenden Kräften zusammengesetzt, so denkt man erst nur an zwey, und dann betrachtet man

die gefundene Diagonale und die dritte Kraft wieder als zwey Kräfte. So macht man es auch mit vier, fünf und noch mehreren Kräften. Man kann sie zuletzt alle auf zwey reduciren.

Achtes Kapitel.

Schwere, Fall und Gewicht.

Wenn ich einen Stein, eine Bleykugel oder einen andern Körper in irgend einer Höhe über dem Erdboden zwischen den Fingern halte, und ich öffne die Finger, so fällt der Körper zur Erde nieder. Eben so fällt der auf meiner Hand liegende Körper, wenn ich die Hand unter ihm hinwegziehe. Ehe ich dies that, zeigte der Körper sein Bestreben zu fallen durch eine

Empfindung auf der Hand an, welche wir Druck nennen. Hängt der Körper an einem Faden, so spannt er diesen. Alle diese Erscheinungen rühren von einer Kraft unserer Erde her, welche Schwerkraft oder Schwere genannt wird.

Durch Beobachtungen und Rechnungen sind wir nicht blos gewahr geworden, daß ein ohne Hinderniß auf die Erde herabfallender Körper in der ersten Sekunde seines Falls $15\frac{1}{8}$ Rheinländische Fuß tief herabsinkt, sondern auch, daß sein Fall bey jeder nachfolgenden Sekunde um 2 mal $15\frac{1}{8}$ Fuß beschleunigt wird. Er fällt also in der zweyten Sekunde durch 3 mal $15\frac{1}{8}$ Fuß; in der dritten Sekunde durch 5 mal $15\frac{1}{8}$ Fuß; in der vierten durch 7 mal $15\frac{1}{8}$ Fuß u. s. w. Seine Geschwindigkeit wächst folglich nach den ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. s. w. Addirt man die Anzahl der Fuße in der ersten, zweyten, dritten, vierten rc. Sekunde zusammen, so erhält man den ganzen Raum in Fußen, durch den ein Körper in einer gewissen An-

zahl Sekunden herabgefallen ist. So würde er z. B. in drey Sekunden 9 mal $15\frac{1}{8}$ Fuß tief herabfallen; in fünf Sekunden 25 mal $15\frac{1}{8}$ Fuß tief ꝛc.

Man kann aber auch sagen, die Räume eines fallenden Körpers verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten, die er zu seinem Falle anwendet. Wäre z. B. die Zeit 4 Sekunden, so fiele er in dieser Zeit durch einen Raum von 16 mal $15\frac{1}{8}$ Fuß; wäre die Zeit 10 Sekunden, so fiele er in dieser Zeit durch einen Raum von 100 mal $15\frac{1}{8}$ Fuß, weil 16 das Quadrat von 4, und 100 das Quadrat vom 10 ist.

Der berühmte Italiener Galileo Galilei entdeckte dies Gesetz vom Fall der Körper im Jahr 1602. Es gilt von allen größern und kleinern, dichtern und lockerern Körpern. Da aber alle Körper beym Fallen sich durch die Luft herab arbeiten müssen, so wird jene natürliche Geschwindigkeit immer bald mehr bald weniger abgeändert; mehr bey lockerern Körpern,

weniger bey dichtern. Lockere Körper haben natürlich nicht so viele Gewalt, die Luft beym Herabfallen zur Seite zu schieben, als dichtere; deswegen fallen sie auch langsamer herunter. Schneeflocken, Papier, Federn ꝛc., die nicht viel dichter sind als die Luft selbst, können sich nur langsam durch die Luft herab drängen; sie fallen daher auch nur leise auf die Erde nieder. Regentropfen, Schlossen, Steine u. d. gl. haben schon mehr Gewalt, und schlagen deswegen auch fester gegen die Erde an. Welche Verheerungen oft Schlossen wegen ihres beschleunigten Falls auf der Erde anrichten, ist bekannt genug; auch weiß man, daß ein kleiner Kieselstein, der mehrere Fuß tief herabfällt, Menschen zu tödten vermag, wenn er den unbedeckten Kopf derselben trifft. Wie viel schrecklicher noch würde die Wirkung aller dieser von einer großen Höhe herabfallenden Körper seyn, wenn keine Luft da wäre, die einen so großen Theil ihrer Gewalt schwächt! Schon durch den Wasser-

hammer kann man sich einen Begriff davon machen, was man von fallenden Regentropfen zu erwarten hätte.

Wenn man lange Räume, in Röhren und in andern hohen Gefäßen, luftleer machte, und in diesen Räumen allerley Körper zu gleicher Zeit herabfallen ließ, z. B. Bley, Eisen, Holz, Kork, Federn, Wolle u. d. gl.; so sah man deutlich, daß in der Dauer des Falls dieser Körper ganz und gar kein Unterschied statt fand, daß Federn eben so geschwind das untere Ende der Röhren oder Gefäße erreichten, als die dichtesten Metalle. — Ohne Luft fallen daher alle Körper auf der Erde gleich schnell. Dies drückt man gemeiniglich so aus: alle Körper auf der Erde sind gleich schwer.

Millionen Centner Bley wären also nicht schwerer als ein Quentchen Bley, oder als ein Sandkörnchen, oder als eine Pflaumfeder ꝛc. Ein ganzes Fu-

der Heu nicht schwerer als das kleinste Insekt, welches in dem Heu sitzt.

Anders verhält es sich mit dem Gewicht der Körper. Millionen Centner Bley haben ein weit weit größeres Gewicht als ein Quentchen Bley. Das Fuder Heu wiegt viel viel mehr als das kleine Insekt in dem Heu. Aber im gemeinen Leben verwechselt man nur zu oft Gewicht und Schwere mit einander. Folgende Ansicht wird davor bewahren, und überhaupt den Unterschied zwischen Schwere und Gewicht ganz anschaulich machen.

Jedes kleinste Theilchen eines Körpers wird von der Schwerkraft gezogen. Jedes kleinste Theilchen für sich drückt daher dasjenige, worauf es liegt, z. B. die Hand, die Waagschaale u. d. gl. Je mehr kleinste Theilchen nun ein Körper hat, desto größer muß auch der Druck seyn, den er ausübt. Ein Körper mit mehr kleinsten Theilchen wird also die Hand, die Waagschale u. d. gl. mehr niederdrücken, wenn ihm daran

nichts hindert. Deswegen versteht man eigentlich unter Gewicht den bestimmten Druck, welcher von der Summe aller der Theilchen herrührt, die durch die Schwere heruntergezogen werden.

Neuntes Kapitel.

Von den Centralkräften.

Wenn ich in der vorigen Stunde lehrte, sprach jetzt Herr Waltersdorf, daß ein Körper in der ersten Sekunde seines Falls einen Weg von $15\frac{1}{8}$ Rheinländische Fuß zurücklegt, so war dies von Höhen zu verstehen, die sich nicht gar weit über die Oberfläche der Erde erstrecken. Auf Körper, deren Entfernung von der Erde beträchtlich groß ist, wirkt die Schwere mit

geringerer Kraft, und zwar mit desto geringerer, je größer jene Entfernung ist. In einer Entfernung von 860 Meilen (das Doppelte unserer Entfernung von der Mitte der Erde) wirkt die Schwere mit einer viermal geringeren Kraft; folglich würde daselbst ein Körper in der ersten Sekunde nur $3\frac{25}{32}$ Rheinländische Fuß tief fallen. In der dreyfachen Entfernung wirkt die Schwere neunmal schwächer, in der vierfachen sechszehnmal, in der sechzigfachen Entfernung dreytausend sechshundertmal rc. rc. Dies gründet sich auf das merkwürdige Gesetz, welches Newton zuerst bestimmte: Auf jeden Körper wirkt die Schwere mit so vielmal geringerer Kraft, als das Quadrat seiner Entfernung von der Mitte der Erde größer ist wie bey uns (unsere Entfernung = 1 gesetzt).

Der Mond ist 60 mal weiter von der Mitte der Erde entfernt, als wir, folglich ist auf dem Monde die von unserer Erde herrührende Schwerkraft (so weit

erstreckt sie sich auch wirklich) 3600 mal schwächer wie bey uns. Der Mond gehört bekanntlich zu unserer Erde. Die Schwere macht, daß er stets bey unserer Erde bleibt, aber die Schwere vereint mit noch einer andern Kraft ist auch Ursache, daß er stets um unsere Erde herumläuft.

Diese zweyte Kraft kann man sich als einen Stoß gedenken, den der Mond nach einer von unserer Erde abwärts gehenden Richtung gleich bey seiner Erschaffung empfangen hat, und wovon noch jetzt die Wirkung unvermindert fortdauert. Wenn S die Erde und der Punkt *a* Fig. 2. Taf. IV. den Mond bedeutet, wenn *a* so nach der Erde hin und zugleich so von der Erde ab getrieben wird, daß durch diese beyden Kräfte das Parallelogram *a b c d* gebildet werden kann, so muß *a* die Diagonale *a d* durchwandern. Aber *a* würde nun vermöge seiner Trägheit in der Richtung *a d* ohne Ende fortgehen, wenn nicht von neuem die Schwerkraft der Erde S auf ihn wirkte. Er durchläuft also jetzt die

Diagonale *d g* des Parallelograms *e d f g*; hernach die Diagonale *g i* u. s. w. Unablässig und in jedem Augenblicke wirken beide Kräfte, die auf die Erde hintreibende Kraft und die von der Erde abtreibende Kraft, auf den Mond; folglich muß er in unendlich vielen und kleinen Diagonalen, welche in der Zusammensetzung eine einzige krumme Linie (die Ellipse) bilden, um die Erde herumlaufen. — Eine solche Beschaffenheit hat es nun nicht blos mit der Umdrehung des Mondes um die Erde, sondern auch mit dem Laufe der Erde und aller übrigen Planeten um die Sonne, mit der Bewegung jedes Trabanten um seinen Hauptplaneten.

Ueberall, wo Körper sich um einen gewissen Punkt bewegen, kommen jene zwey Kräfte vor. Man nennt sie Centralkräfte, und zwar die, welche nach dem Punkte (S Fig. 2. Taf. IV.) hinzieht, Centripetalkraft, hingegen die, welche von dem Punkte abtreibt, Centrifugalkraft oder Fliehkraft.

Ich lege einen Stein los in die Schleuder,

schwinge diese schnell um meine Hand, und der Stein fällt nicht heraus. Woher kommt das? — Der Stein wird von zwey Kräften getrieben; die eine (die Centripetalkraft) zieht ihn nach meiner Hand, die andere (die Centrifugalkraft) will ihn von meiner Hand hinwegtreiben; folglich muß er wohl um meine Hand herumkommen.

Ich setze ein Glas mit Wasser in einen Tonnenreifen, schwinge den Reifen schnell um einen Finger, und das Glas fällt nicht ab, nicht einmal ein Tropfen Wasser wird verschüttet, — aus demselben Grunde, warum der Stein nicht aus der Schleuder fiel.

Wenn plötzlich eine Kraft aufhörte zu wirken, so würde der Körper nur der Richtung der andern Kraft folgen, also entweder nach dem Mittelpunkte der Kräfte sich hin bewegen, oder von demselben ohne Ende sich entfernen.

Zehntes Kapitel.

Vom Pendel.

Wäre *c a* Fig. 6. Taf. IV. ein Faden ohne Schwere, woran ein schwerer Körper *a* hängt, den man nur als einen schweren Punkt ansehen dürfte, so hätte man ein sogenanntes einfaches oder mathematisches Pendel.

Ruht der Körper *a*, so hängt *c a* vertikal herab. Bringt man aber den Körper *a* nach *d*, so will ihn die Schwere gerade herunter nach *f* ziehen, während der Faden ihn nach dem Aufhängungspunkte *c* zurückhält. Deswegen muß der Körper die mittlere Richtung dieser beyden Kräfte nehmen, er muß sich in einem

Bogen von *d* nach *a* bewegen. Aber bey *a* kommt er nicht in Ruhe; vermöge seiner Trägheit steigt er auf der andern Seite bis *b* hinauf. Dann sinkt er wieder zurück, nach *d* hinauf, und so macht er diese hin und her gehenden Bewegungen — die Schwingungen, Oscillationen, Vibrationen — so lange fort, bis irgend ein Hinderniß ihn darin aufhält.

Der große Galilei entdeckte zuerst die Schwungbewegungen des Pendels, und die vornehmsten Gesetze, welche dabey zum Grunde liegen. Er schlug es auch schon zu einem Zeitmaße bey nicht lange dauernden Beobachtungen vor. Der Holländische Mathematiker Huyghens verband es im Jahr 1657 mit den Räderuhren.

Ein kürzeres Pendel macht in einer gewissen Zeit mehr Schwingungen als ein längeres. Man braucht daher das Pendel nur zu verkürzen, wenn es schneller, zu verlängern, wenn es langsamer schwingen soll. Man muß es aber viermal kürzer machen, wenn es

noch einmal so schnell vibriren soll, neunmal kürzer, wenn es dreymal so schnell vibriren soll, sechszehnmal kürzer, wenn es viermal so schnell oscilliren soll ꝛc. Nach gleichem Verhältniß muß man es länger machen, wenn es langsamer schwingen soll.

Man war auch im Stande, dem Pendel eine solche Länge zu geben, daß es genau in einer Sekunde Zeit eine Schwingung machte. Man erhielt dann das Sekundenpendel, welches sehr gut als ein allgemeines Maaß anzuwenden war, um darnach die Längen aller übrigen Pendel zu berechnen. Zu Paris hatte man das Sekundenpendel 36 Zoll $8\frac{67}{100}$ Linien, zu Gotha 36 Zoll $8\frac{69}{100}$ Linien lang gefunden. Der geringe Unterschied von beyden Längen beruht nicht etwa auf einem Rechnungsfehler, sondern auf einem viel wichtigern Grunde, nämlich: auf der eigenthümlichen Gestalt der Erde.

Unser Erdkörper ist bekanntlich nicht ganz kugelrund, sondern nach den Polen zu platt gedrückt, um

den Aequator herum erhabener. Die Stellen der Erde nach den Polen zu sind folglich der Mitte der Erde näher; die Stellen an dem Aequator sind entfernter von dieser Mitte. Dort wirkt daher die Schwerkraft stärker; hier wirkt sie schwächer. Dort muß das Pendel von einer bestimmten Länge mehr Schwingungen machen und das Sekundenpendel muß länger seyn; hier muß dasselbe Pendel weniger Schwingungen machen, und das Sekundenpendel muß kürzer seyn. Je näher nun die Oerter nach den Polen oder nach dem Aequator zu liegen, desto merklicher ist dieser Unterschied. Er wird aber selbst schon an Oertern empfunden (wie Paris und Gotha), wo der Unterschied der Breite nur wenige Grade beträgt. — Diese Erfahrungen haben auch viele sachverständige Reisende an guten Pendeluhren gemacht.

Bis jetzt habe ich das Pendel als ein einfaches angesehen, woran der Mittelpunkt des Schwunges, von welchem man die Länge des Pendels bis zum

Aufhängepunkt rechnet, der Punkt *a* selbst ist. Aber solche Pendel existiren gar nicht in der Natur; alle Pendel, welche wir gebrauchen, sind zusammengesetzte Pendel oder physische Pendel, und wenn *c a* auch ein noch so feines Körperchen, *a* selbst eine noch so kleine Kugel ist. *c a* besteht immer aus mehreren schweren Punkten, wovon sich die obern schneller bewegen als die untern. Der Mittelpunkt des Schwunges kann demnach unmöglich in der Mitte von *a* liegen, sondern über der Mitte etwas weiter nach dem Aufhängepunkte zu.

Alle Pendel in Uhren sind zusammengesetzte Pendel. Ihr Nutzen für das gemeine Leben für Astronomie und Geographie ist ganz außerordentlich groß. Durch die bewegende Kraft in den Uhren (Gewichte oder Federn) erhält das Pendel, vermöge des Räderwerks, immer einen neuen Antrieb. Ein freyes Pendel würde durch den Widerstand der Luft, durch Reibung und durch andern Hindernisse gar bald in Ruhe kommen.

Eilftes Kapitel.

Vom Hebel und von den übrigen mechanischen Potenzen.

Jetzt, lieber Ferdinand, denk dir einmal wieder eine gerade Linie ohne Schwere. Denk' diese gerade Linie wäre in irgend einem Punkte unterstützt, so hast du einen sogenannten mathematischen Hebel. Wir wollen einmal annehmen, die Unterstützung (die Unterlage, das Hypomochlium) läge genau in der Mitte der geraden Linie, das eine Ende wäre mit einem Gewichte P, das andern Ende mit einem Ge-

wichte Q beschwert; wenn dann das Gewicht P sinkt, so steigt Q eben so hoch, folglich ist bey der Bewegung des Hebels, dessen Arme gleich sind, auch die Geschwindigkeit der Endpunkte gleich. Wären die Gewichte P und Q selbst gleich, und man setzte den Hebel in eine auf- und niederwärts gehende Bewegung, so würden die Bögen, welche die Endpunkte beschreiben, immer kleiner und kleiner werden, zuletzt würde die Bewegung ganz aufhören, und dann würde der Hebel horizontal oder im Gleichgewicht stehen.

Nun soll aber einmal die Unterstützung nicht in der Mitte liegen, d. h. es sollen die Arme A C und C B ungleich lang seyn, wie Fig. 7. Taf. IV. Dann können gleiche Gewichte an den Endpunkten der Arme unmöglich ein Gleichgewicht des Hebels bewirken, weil die Geschwindigkeit des Endpunktes B am längern Arme größer ist, als die Geschwindigkeit des Endpunktes A am kürzern Arme; und eine größere Geschwindigkeit bringt auch ein größeres Vermögen, z. B. einen stär-

kern Druck und Stoß hervor; eine doppelte Geschwindigkeit ein doppeltes Vermögen, eine dreyfache Geschwindigkeit ein dreyfaches Vermögen u. s. w. Es müssen allemal die Produkte der Massen in die Geschwindigkeit an jedem Hebelsarme gleich seyn, wenn am Hebel ein Gleichgewicht statt finden soll.

Gesetzt, der Hebelsarm B C wäre doppelt so lang als der Hebelsarm A C, so würde auch an B die Geschwindigkeit doppelt so groß seyn als an A, folglich müßte an A ein doppelt so großes Gewicht kommen als an B, wenn der Hebel das Gleichgewicht erhalten soll. Zwey Pfund an A würden demnach mit einem Pfunde in B balanciren; denn 1 mal 2 ist gleich 2 mal 1 (den Hebelsarm A C = 1, das daran hängende Gewicht P = 2; den Hebelsarm B C = 2, das daran hängende Gewicht Q = 1 gesetzt). Wäre der eine Hebelsarm viermal so lang als der andere, so würde ein Gewicht von einem Pfunde am längern

Hebelsarme mit vier Pfunden am kürzern das Gleichgewicht halten. Wäre der eine Arm hundert mal länger als der andere, so würde ein daran hängendes Pfund mit hundert am kurzen Arme hängenden Pfunden balanciren; u. s. w.

So wie wir den Hebel bisher betrachtet haben, war er ein zweyarmiger Hebel, ein Hebel der ersten Art. Bey ihm befanden sich die Gewichte, oder Kraft und Last wie man sie beyde nennt, auf zwey entgegengesetzten Seiten des Ruhepunktes. Wenn aber der Hebel seinen Umdrehungspunkt oder Unterstützungspunkt ganz an dem einen Ende hat, folglich Kraft und Last auf einerley Seite des Ruhepunktes sich befinden, so ist der Hebel ein einarmiger Hebel, ein Hebel der andern Art. Bey ihm finden eben die Gesetze, wie beym Hebel der ersten Art, statt. Bey A Fig. 8. kann z. B. eine Kraft aufwärts ziehen, und bey B kann ein Gewicht hängen; oder es kann auch bey A ein Gewicht aufwärts ziehen, welches etwa an

einer Schnur festsitzt, die um eine Rolle geschlagen ist; u. s. w. Betrüge dann die Kraft an A (an der einfachen Entfernung von C) 2 Pfund, so würde damit 1 Pfund an B (an der doppelten Entfernung) das Gleichgewicht halten.

Auf den physischen Hebel, oder denjenigen, wo A B immer eine gewisse Schwere hat, z. B. ein Stock, ein metallener Stab u. d. gl. ist, gehen nun dieselben Gesetze über. Nur sind hier auch die Theile des Hebels mit als Gewichte anzusehen, die den Hebel niederdrücken wollen, und ihn wirklich niederdrücken, wenn nicht die obigen Bedingungen für das Gleichgewicht statt finden.

Der Hebel kommt im menschlichen Leben bey unzählig vielen Gelegenheiten vor. Die gemeinsten Anwendungen desselben sehen wir bey unsern Waagen. Die Krämerwaage ist ein gleicharmiger Hebel der ersten Art. Das Gleichgewicht derselben zeigt sich nur dann, wenn an dem einen Ende des Waagbalkens das

nämliche Gewicht hängt, wie an dem andern. Beyde Arme dieser Waage (des Waagbalkens) müssen durchaus von einerley Länge und von einerley Gewicht seyn, wenn sie die gehörige Genauigkeit besitzen soll. Die Zunge, woran man den Ausschlag bemerkt, muß genau in der Mitte sitzen, perpendikulair auf dem Waagbalken stehen und möglichst lang seyn. Sie wird von der Scheere umfaßt, in welcher die Zapfen des Waagbalkens sich bewegen. Diese müssen so leicht wie möglich darin spielen, damit der Waagbalken schon durch ein sehr geringes Uebergewicht sinke, oder wie man sagt, recht empfindlich sey. Die Scheere hängt immer lothrecht herab, und bey einem Ausschlage der Waage macht die Zunge mit ihr einen Winkel, wonach man eigentlich den Ausschlag bestimmt. Je länger nun die Schenkel dieses Winkels sind (je länger Zunge und Scheere ist) desto bemerkbarer ist auch ein sehr geringer Ausschlag.

Die Schnellwaage oder römische Waage

ist ein ungleicharmiger Hebel der ersten Art. Auf dem längern Arme verschiebt sich ein Gegengewicht; an den kürzern Arm wird die abzuwägende Last gehängt. Gesetzt, das Gegengewicht betrüge 4 Pfund, eine gewisse Waare würde an den kurzen Hebelsarm gehängt, und das Gleichgewicht fände statt, wenn das Gegengewicht in eine Entfernung vom Unterstützungspunkte kommt, die viermal so groß ist, als die Entfernung der Last von demselben Unterstützungspunkte. Dann wiegt die Waare 16 Pfund. Müßte man das Gegengewicht in die achtfache Entfernung bringen, so würde die Waare 32 Pfund wiegen; in der hundertfachen Entfernung 400 Pfund, u. s. w.

Hebebäume, Brecheisen, Scheeren, Zangen rc. sind die nämlichen Arten von Hebeln. Soll z. B. ein Hebebaum gebraucht werden, so schiebt man ihn mit dem einen Ende unter die Last und bildet sich in der Nähe derselben eine Unterlage (etwa durch einen untergeschobenen Stein). Je weiter von

der Unterlage hinweg man den langen Hebelsarm angreift, desto weniger braucht man Kraft, um ihn da niederzudrücken und die auf dem kurzen Hebelsarme liegende Last in die Höhe zu bewegen. Aber freylich muß dann die Kraft einen größern Raum durchstreichen, um die Last nur auf eine geringe Höhe zu bringen. Mit den Brecheisen, womit man z. B. Steine losbricht, hat es dieselbe Bewandniß. Bey Zangen, Scheeren und ähnlichen Instrumenten ist der Unterstützungspunkt in den Scharnieren zu suchen. Je länger die Arme sind, woran man drückt, desto größer ist das Vermögen dieser Instrumente, mit den andern Armen etwas zu halten, etwas zu zerbrechen ꝛc.

Der menschliche Arm, die Finger, und die Knochen des menschlichen Körpers überhaupt zeigen sich als Hebel der andern Art wirksam. Bey dem menschlichen Arme ist die Unterstützung im Schulterblatte zu suchen. Die Kraft befindet sich in demjenigen Muskel, welcher Deltoides genannt wird. Der Arm ist in

der Schulter kugelförmig; je größer dieser kugelförmige Theil ist, desto mehr Kraft hat auch der Deltoides, um mit einer Last, die auf dem Arme ruht, das Gleichgewicht zu halten. Der Deltoides zieht den Arm aufwärts, wenn das den Arm belastende Gewicht ihn niederdrücken will. Je weiter man ein gewisses Gewicht auf dem ausgestreckten Arm nach der Spitze des Mittelfingers hin schiebt, desto stärker muß der Deltoides den Arm aufwärts ziehen, um den Arm in horizontaler Lage zu erhalten. Man braucht hier nur an die Schnellwaage in dem Falle zu denken, wo man das Gegengewicht immer näher nach dem Ende hin schiebt. Je näher es nach dem Ende zu hängt, desto größer muß die Last am andern Ende des Hebels seyn, um das Gleichgewicht zu bewirken. In den meisten Fällen verhält sich der Durchmesser des kugelförmigen Theils, woran der Deltoides wirkt, zu der Länge des Armes wie 3 zu 100 oder wie 1 zu $33\frac{1}{3}$. Wenn man also 1 Pfund auf der Hand hat, so muß der Deltoides

$33\frac{1}{3}$ Pfund tragen, und wenn man 10 Pfund auf der Hand halten wollte, so müßte jener Muskel $333\frac{1}{3}$ Pf. tragen. Daher kommt es denn, daß man eine Bouteille Wein keine 10 Minuten lang auf der ausgestreckten Hand halten kann. Je länger der Arm bey unveränderter Muskelkraft ist, desto schwerer ist es, einen Körper auf der Hand zu halten.

Man kann auch den Arm durch einen Stab, durch eine Stange u. d. gl. verlängern. Die Masse des Stocks wirkt hier schon selbst als eine Menge Gewichte, die in verschiedenen Entfernungen sich befinden. Deswegen ist es so schwer, eine etwas lange Stange mit ausgestreckten Armen zu halten; deswegen ist es um desto schwerer eine Stange horizontal zu halten, je länger sie ist, und bey einerley Länge, je dicker sie ist. Ist der Körper, welchen man auf jene Art halten will, von ungleicher Dicke, so kann man ihn mit ausgestreckten Armen leichter halten, wenn man das dicke Ende in die Hand nimmt. Denn nun wirken doch in gewisser

Entfernung leichtere Gewichte (wie leichtere Gegengewichte auf der Schnellwaage, womit man keine so schwere Waaren abwiegen kann). Daher ist es so schwer ein Gewehr, welches man an dem Bajonnet faßt, horizontal zu halten; viel leichter aber, wenn man den Kolben in die Hand nimmt. — Es ist erstaunend, wie viele Kraft bey solchen Versuchen oft der Deltoides anwenden muß; und diese Kraft ist (bey starken Leuten) dann immer größer, je größer der Durchmesser des erwähnten kugelartigen Theils in der Schulter ist. Aus demselben Grunde sind auch die Löwen so stark. Man weiß, daß Löwen mit ihren Tatzen einen Ochsen ziemlich weit in die Höhe geschleudert haben.

Von zwey Stöcken, die einerley Dicke besitzen, ist der längste allemal am leichtesten vor dem Knie zu zerbrechen, vorausgesetzt, daß man beyde an den Enden faßt. Das Knie macht hier die Unterstützung aus. Je weiter die Hand von derselben hinwegrückt, desto geringer braucht die Kraft zu seyn, daselbst einen Wi=

derstand zu überwältigen (z. B. das Brechen zu bewirken). Tragen Menschen eine Last an einer Stange, so muß diese genau in der Mitte der beyden Menschen hängen, wenn beyde von gleicher Stärke sind. Wäre letzteres nicht der Fall, so müßte die Last dem Stärkern näher geschoben werden, damit beyde mit möglichst gleichförmiger Wirkung ihr Geschäft verrichten.

Wenn ein Schiff durch Pferde oder durch Menschen fortgezogen werden soll, so bindet man das Seil oben an das Ende des Mastbaums. Wenn man Hämmer und Beile auf einen Körper wirken läßt, so üben sie die meiste Gewalt aus, sobald man an das Ende ihres Stiels faßt. Ein Schiebkarren mit langen Schenkeln ist leichter fortzubewegen, als einer mit kürzern Schenkeln. Bey allen diesen Werkzeugen bringt man die Kraft an das Ende der Hebelsarme an, weil man dann am meisten damit ausrichtet. Dasselbe gilt auch von Schaufeln, Sensen, Rudern, Deich-

seln, Pumpenschwengeln, Schlüsseln und vielen andern Instrumenten, wobey ein Hebel in Bewegung zu setzen ist, oder die man auch selbst als Hebel ansehen kann.

Rad an der Welle nennt man jeden Cylinder, der in der Mitte einer Scheibe, eines Rades, mehrerer kreuzweiser Stöcke u. d. gl. befestigt und um ein Paar Zapfen beweglich ist. Rolle hingegen heißt eine um ihren Mittelpunkt bewegliche Scheibe, deren Umfang ein Seil trägt, woran auf einer Seite eine Last hängt, auf der andern Seite die Kraft wirkt.

Auch diese Maschinen verdanken ihren Effekt blos der Hebelkraft. Beym Rade an der Welle Fig. 10. Taf. IV. kann um die Welle ein Seil gewickelt seyn, woran eine Last hängt; am Umfange des Rades kann auf irgend eine Art eine Kraft wirken. Hier bildet nun der Halbmesser *c a* der Welle den kurzen, der Halbmesser *c b* des Rades den längern Hebelsarm. Je mehr Mal der Arm *c b* den Arm *c a* an Länge übertrifft,

desto geringer braucht die an *b* oder am Umfange des Rades wirkende Kraft zu seyn, um eine Last P emporzuheben.

Dies alles findet nicht blos bey Göpeln, Haspeln und andern Winden, die man zum Emporheben von Lasten gebraucht, eine nützliche Anwendung, sondern auch bey gezahnten Rädern, bey Wasserrädern, Windflügeln, Wagenrädern u. s. w.

Wenn mehrere Räder mit Zähnen in einander greifen, so hat man ein Räderwerk. Gewöhnlich greift ein großes Rad in ein kleines ein, welches man Getriebe nennt. Gesetzt, A Fig. 14. Taf. IV. sey eine Scheibe, woran die Kraft wirkt. In der Mitte dieser Scheibe sitze ein Getriebe fest, welches in das Rad B eingreift. Das Getriebe dieses Rades greife in das Rad C, und in der Mitte dieses Rades befinde sich eine Welle, worauf ein Seil gewickelt wird, wenn man die Räder in Bewegung setzt. An dem Seile hänge eine Last, die man emporziehen will. Es ist die Frage:

wie stark muß die an A wirkende Kraft seyn, um mit der Last das Gleichgewicht zu halten?

Die Last soll einmal 100 Pfund betragen, und der Halbmesser des Rades C soll fünfmal größer seyn als der Halbmesser der daran befindlichen Welle. Dann würde eine an dem Umfange von C wirkende Kraft von 20 Pfunden mit jenen 100 Pfunden das Gleichgewicht halten. Wir wollen uns die 20 Pfund einmal an den Umfang des Rades C, oder, welches einerley ist, an den Umfang des Getriebes B gedenken. Der Halbmesser des Rades B soll wieder fünfmal größer seyn, als der Halbmesser seines Getriebes. Alsdann balanciren 4 Pfund am Umfange von B mit 20 Pfunden am Umfange von C oder mit 100 Pfunden am Umfange der ersten Welle. Wäre nun der Halbmesser der Scheibe A nur viermal größer als der Halbmesser ihres Getriebes, so würde 1 Pfund am Umfange von A mit 4 Pfunden am Umfange von B oder mit 100

Pfunden am Umfange der ersten Welle das Gleichgewicht halten.

Je mehr man nun Räder und Getriebe nimmt, oder je größer man, bey einer bestimmten Anzahl von Rädern und Getrieben, die Halbmesser der Räder in Vergleich mit den Halbmessern der Getriebe macht, desto geringer kann die Kraft seyn, um mit der Last zu ballanciren oder diese, mit einem gewissen Ueberschusse über die berechnete Kraft, wirklich in Bewegung zu setzen. Aber man verliert dann an Zeit und an Geschwindigkeit. Um C, folglich auch die daran befindliche Welle, nur einmal umzudrehen, müßte man A viele Mal herumbewegen. Das Produkt der Zähne der Räder dividirt man durch das Produkt der Zähne der Getriebe, um die Zahl der Umdrehungen des letzten Rades zu finden, während das erste sich nur einmal umwälzt. Hätte z. B. das Getriebe von A 8 Zähne, das Getriebe von B 6; hätte ferner das Rad B

40 Zähne, das Rad C 36, so würde 36 mal 40 dividirt durch 6 mal 8 — nämlich 30 — die Zahl der Umdrehungen von dem Getriebe des Rades A oder von dem Rade A selbst angeben, während C oder die Welle desselben sich nur einmal umwälzt. Wie viele Mal muß sich nun das letzte Rad umdrehen, um die Last auf eine beträchtliche Höhe zu heben? und wie viele Mal, wenn, um noch mehr Kraft zu sparen, die Anzahl der Räder und Getriebe noch vermehrt würde? — Man darf also nicht zu viel zu sparen suchen, um nicht wieder auf der andern Seite zu viel zu verlieren. Die goldene Mittelstraße führt auch hier am besten zum Ziele.

Je größer die Wagenräder sind, desto leichter geht das Fuhrwerk. Aber der Halbmesser der Räder darf nicht (wenigstens nicht bedeutend) die Brusthöhe der Pferde übertreffen, weil sonst durch den schiefen Zug wieder Kraft verloren gehen würde. Je größer die Mühlräder sind, desto geringer braucht die Wassermenge

zu seyn, welche ein Rad in Bewegung setzt. Mühlräder, die nur ein kleiner Bach treibt, haben deswegen einen sehr großen Durchmesser, wälzen sich aber auch dafür desto langsamer um. Alles dies sind Eigenschaften, welche sich auf das Rad an der Welle, oder, weiter zurückgegangen, auf den Hebel gründen.

Auch die Rolle ist als ein Hebel anzusehen. Die einfache Rolle Fig. 11. Taf. IV. bildet einen gleicharmigen Hebel; folglich balanciren nur gleiche Gewichte an dem herumgehenden Seile mit einander. Eine solche Rolle kann daher nicht zur eigentlichen Ersparniß von Kraft, sondern nur zur bequemern Anbringung derselben und zur bessern Leitung der Last dienen.

Ganz anders verhält es sich mit zwey Rollen, wovon die eine (die feste oder unbewegliche Rolle) irgendwo aufgehängt ist, und die andere (die lose oder bewegliche Rolle) zugleich mit der Last emporgezogen wird, wie Fig. 12. Taf. IV. Das Seil, welches seine Befestigung in *d* hat, geht unter der un=

tern Rolle herum, dann in die Höhe und um die obere Rolle. Der Durchmesser der untern Rolle ist ein Hebel der andern Art. Der Unterstützungspunkt ist bey *b* (oder bey *d*). In der einfachen Entfernung *c* hängt die Last herab. In der doppelten Entfernung wirkt die Kraft aufwärts. Der Durchmesser der obern Rolle ist ein Hebel der ersten Art, der seine Unterstützung in der Mitte *g* hat. Die ziehende Kraft kann man in *c* hinauf oder in *f* heruntergehend sich gedenken. Letzteres ist natürlich bequemer. Bey zwey Rollen von dieser Art brauchte man also die Hälfte von Kraft, um mit der Last das Gleichgewicht zu halten.

Eine Verbindung von mehreren Rollen, die in einem Gehäuse oder Kloben sich drehen, heißt ein Flaschenzug, wie Fig. 13. Taf. IV. Sowohl die obern unbeweglichen Rollen, als auch die untern beweglichen haben ein eignes Gehäuse, in welchen sie, aber ohne Klemmen und Reiben, sich müssen herumbewegen können. Wir wollen annehmen, an den Haken

des untern Klobens wäre eine Last von 100 Pfund gehängt. Das Seil ist an den obern Kloben bey *d* befestigt. Es geht von da unter der Rolle *a b* hinweg, dann um die Rolle *f e*, unter der Rolle *h i* hinweg und zuletzt über die Rolle *l m*. Wir werden sehen, daß hier die Last mit einer Kraft von 25 Pfund erhalten werden kann. *a b* ist ein Hebel der andern Art, der seine Unterstützung in *b* hat; *c*, der Aufhängepunkt der Last, giebt die einfache Entfernung, *a* die doppelte Entfernung an. Eine an *a* aufwärts wirkende Kraft könnte also mit 50 Pfund jener Last von 100 Pfund balanciren. Die Rolle *f e* bildet einen gleicharmigen Hebel der ersten Art. Diese Rolle dient nur zur bessern Leitung der Kraft. Die Rolle *h i* ist aber wieder ein Hebel der andern Art, wo *h* als Unterstützungspunkt angesehen werden muß. Man spart also nun von jenen 50 Pfunden wieder die Hälfte; die Rolle *l m* aber dient ebenfalls nur zur bessern Leitung der Kraft, welche, so wie sie an *o* wirkt, nur 25 Pfund stark zu seyn braucht,

um mit der Last von 100 Pfund das Gleichgewicht zu halten.

Ein Ueberschuß an Kraft gehört immer dazu, die Last wirklich in Bewegung zu setzen. Außerdem muß auch das Gewicht des untern Klobens mit den Rollen selbst in Anschlag gebracht werden. Auch die Steifigkeit oder Unbiegsamkeit der Seile, nebst der Reibung der Rollen um ihrer Mitte, machen ein Kraft raubendes Hinderniß aus, das nicht minder der bewegenden Kraft angerechnet werden muß.

Je mehr Rollen der Flaschenzug hat, desto weniger Kraft braucht man zum Emporbewegen der Lasten. Will man schnell die Kraft finden, welche der Last das Gleichgewicht hält, so zählt man nur die Seilstücke, welche den untern Kloben tragen, und dividirt die Last durch die Anzahl dieser Seilstücke.

Wenn z B. die Last 800 Pfund betrüge, und der untere Kloben hinge an 8 Seilstücken, so würde die balancirende Kraft 100 Pfund betragen. Wollte man

dann aber die Last nur um einen Fuß emporheben, so müßte jedes untere Seilstück um einen Fuß verkürzt werden. Dies machte nun für alle acht Seilstücke acht Fuß aus. Einen so großen Weg müßte die ziehende Kraft zurücklegen, um die Last einen Fuß hoch emporzubringen. Indessen ist der Flaschenzug noch immer eine der besten Hebmaschinen. Vorzüglich ist sie beym Seewesen von unbeschreiblichem Nutzen.

Jede Ebene, wie *e b* Fig. 9. Taf. IV., die mit der horizontalen Fläche *a b* einen spitzigen Winkel macht, ist eine schiefe Ebene oder eine schiefe Fläche (ein planum inclinatum). Auf einer solchen Ebene kann kein Körper ruhen (den Widerstand des Reibens der aufeinander liegenden Flächen bey Seite gesetzt); er kann aber auch eben so wenig mit derselben Geschwindigkeit wie im freyen Raume herabfallen. Je größer der Winkel *b* ist, den die schiefe Ebene mit dem Horizonte macht, desto schneller wird sich der Körper von der Ebene herabbewegen; aber auch desto größer

muß die Kraft seyn, welche ihn in dieser Bewegung aufhalten will. Je kleiner der Winkel *b* ist, desto langsamer geht der Körper auf der Ebene herab; desto geringer ist aber auch die Kraft zur Aufhaltung des Körpers.

Herr Waltersdorf brachte eine Vorrichtung wie Fig. 9. herbey. *e b* war ein Bret, welches man vermöge eines Scharniers bey *b* nach Belieben gegen *a b* neigen konnte. *d* war bald ein Würfel bald ein anderer Körper, woran eine Schnur befestigt wurde, die um eine Rolle *c* ging und an ihrem herunterhängenden Ende eine Waagschaale trug. Durch Einlegung von Gewichten konnte nun die Kraft bestimmt werden, welche zur Haltung dieses oder jenes Körpers auf der mehr oder weniger geneigten Ebene nöthig war.

Im gemeinen Leben sieht man die schiefe Ebene unter andern bey der Schrotleiter angewandt, welche bekanntlich zum Auf- und Abladen der Lasten, zum Hinunterschieben der Fässer im Keller ꝛc. gebraucht

wird. — Daß übrigens ein Körper auch auf der schiefen Ebene mit beschleunigter Bewegung herabfällt, weiß Jeder, der schon einmal einen Stein von einem Berge oder von einem Abhange hat herunterrollen lassen, oder der selbst schon (oft mit großer Gefahr) von einer solchen schiefen Ebene herablief.

Der Keil, den man unter andern zum Holzspalten gebraucht, besteht eigentlich aus einer doppelten schiefen Fläche, die sich gegen die Last bewegt, statt daß sonst die Last auf der Ebene bewegt wird. Da man desto weniger Kraft nöthig hat, eine Last auf einer Ebene zu halten, je weniger geneigt diese ist, so sieht man leicht ein, daß auf den Keil eine desto geringere Kraft gehört, je dünner er ist, oder je mehr Mal seine Dicke von der Länge übertroffen wird. Deswegen schneidet ein dünnes Messer immer besser als ein dickes; denn auch das Messer ist ein Keil. Und so sind auch alle unsere Aexte, Säbel, Scheeren, Nägel, Nadeln u. s. w. Keile, die theils mit zwey, theils

mit mehr Flächen sich wirksam zeigen. Auf sie sind denn obige Regeln ebenfalls anzuwenden.

Es ist besonders merkwürdig, daß man mit mehreren hölzernen durch Wasser aufgeschwellten Keilen einen großen Stein sprengen kann. Die Keile nehmen durch das Aufquellen an Volumen zu, und da sie den Stein nicht durchdringen können, so sprengen sie ihn.

Auch die Schraube kann man gewissermaßen als eine schiefe Ebene ansehen. Die schiefe Ebene windet sich nämlich um einen Cylinder immer höher und höher; die dadurch gebildeten Schraubengänge aber kommen in eben so gebildete cylinderförmige Höhlungen (die Schraubenmutter) zu liegen, worin sie sich drehen lassen. Auf eine mannigfaltige Weise wird die Schraube benutzt, hauptsächlich zur Bewegung von Lasten, zum Pressen und zum Festhalten. Die Schraube ist desto wirksamer, je mehr ihr Umfang die Weite eines Schraubengangs übertrifft; folglich haben dicke Schrau-

ben mit feinen Schraubengängen Vorzüge (in Ansehung der Kraftanwendung) vor andern.

Unter Schraube ohne Ende verstehen wir die Verbindung eines Sternrades mit ein Paar Schraubengängen. Letztere, welche in die Zähne des Rades greifen, sitzen an einer Welle, die man durch eine Kurbel umdreht. Die Welle des Rades kann das Seil mit der Last enthalten, welche man emporwinden will.

Die Schraube ohne Ende gehört unter die allerwirksamsten Maschinen. Hat das Sternrad 1000 Zähne, so kann man mit einem Pfunde Kraft 1000 Pf. Last in Bewegung setzen. Man müßte dann aber die Schraubenwelle tausendmal umdrehen, während das Sternrad nur einmal herumkommt, weil bey jeder Umdrehung der Schraube nur ein Zahn des Rades fortgeschoben wird. Durch die Verbindung des Flaschenzuges, mehrerer gezahnten Räder und ähnlicher Hebzeuge ließe sich das Vermögen der Schraube ohne Ende noch ungemein verstärken; und so

wäre man wohl im Stande, eine Maschine zu bauen, durch deren Hülfe man mit einem Haare den dicksten Baum aus der Erde reissen könnte. Es würde aber wenigstens ein Menschenalter darauf hingehen, ehe man nur eine sehr geringe Bewegung des Baums wahrnähme. — Archimed verlangte in dem unermeßlichen Himmelsraume nur einen festen Punkt, um die Erde aus ihrer Stelle zu rücken. Wie leicht begreifen wir jetzt, daß Möglichkeit und wirkliche Anwendbarkeit nicht immer beysammen sind.

Ehe Herr Waltersdorf an diesem Tage seinen Unterricht schloß, bemerkte er noch, daß Hebel, Rad an der Welle, Rolle, schiefe Ebene, Keil und Schraube den Namen einfache Maschinen oder mechanische Potenzen führen, und daß auch die allerkünstlichsten zusammengesetzten Maschinen bis auf lauter einfache Maschinen zerlegt werden können.

Zwölftes Kapitel.

Vom Schwerpunkte.

In der folgenden Stunde nahm Herr Waltersdorf erst ein Blatt Papier in der Form eines Parallelograms, wie Fig. 1. Taf. V. und rückte es so lange auf dem Finger hin und her, bis es darauf liegen blieb. Dann machte er denselben Versuch mit einem Buche, mit einem Liniale und mit verschiedenen andern Körpern. An gewissen Stellen ruhten sie auf der Spitze des Fingers, ohne herabzufallen.

Jeder Körper, so sprach er nun, hat einen Punkt, der unterstützt seyn muß, wenn der Körper nach keiner

Seite zu sinken soll. Dieser Punkt wird Mittelpunkt der Schwere oder Schwerpunkt genannt. In ihm gedenkt man sich gleichsam die ganze Masse des Körpers vereinigt. Eine schmale Unterstüzzungsfläche hält denn oft diese Masse.

Ist der Körper überall von einer ganz gleichartigen Materie, oder besitzt er an allen Stellen durchaus einerley Dichtigkeit, so fallen Mittelpunkt der Größe und Mittelpunkt der Schwere zusammen. Bey regelmäßigen Körpern ist dann sehr leicht die Lage des Schwerpunktes zu bestimmen. Bey dem Blatte Papier z. B. (Fig. 1. Taf. V.) halbirt man zwey Seitenlinien und zieht mit ihnen durch den Halbirungspunkt ein Paar Parallellinien. Da wo diese sich durchschneiden, ist der Mittelpunkt der Größe und der Mittelpunkt der Schwere anzutreffen. Nun muß man sich aber von dem Durchschnittspunkte nach eine gerade Linie durch die Dicke des Papiers gedenken. Die Mitte dieser Linie giebt genau den Schwerpunkt an. So bestimmt

man auch leicht den Schwerpunkt eines überall gleich dichten Linials oder eines andern ähnlichen Körpers. Der Schwerpunkt einer gleich dichten Kugel fällt in den Mittelpunkt der Kugel, der Schwerpunkt eines gleich dichten Cylinders in die Mitte des Cylinders rc.

Wenn aber z. B. das Linial halb aus Holz und halb aus Bley gemacht wäre, so könnte der Schwerpunkt nicht mit dem Mittelpunkt der Größe zusammenfallen. Ersterer wäre dann auf der Seite zu suchen, wo das Bley sich befindet. So verhält es sich auch mit einer Kugel, woran ein Theil mit Bley ausgefüllt ist.

Der Schwerpunkt eines Körpers kann aber auch oft an eine Stelle fallen, die nichts von der Masse des Körpers enthält. Dieser Fall zeigt sich unter andern bey einem Ringe und bey einer hohlen Kugel, wo der Schwerpunkt in dem Mittelpunkte liegt.

Direktionslinie der Schwere heißt in

jedem Körper die Linie, welche man sich von dem Schwerpunkte perpendikulair herabgelassen oder aufgerichtet gedenkt. So lange diese Linie noch auf die Unterstützungsfläche (oder Grundfläche, Basis) des Körpers trifft, so lange kann der Körper nicht umfallen. Wenn ich einen Stock so lange auf einem Finger hin und her geschoben habe, bis er ruht, so fällt die Direktionslinie der Schwere auf den Finger. Aber durch einen Stoß kann ich den Stock leicht zum Fallen bringen, d. h. ich kann dem Schwerpunkte durch eine Bewegung leicht eine solche Lage geben, daß die Direktionslinie der Schwere nicht mehr auf den Finger trifft. Wäre die Unterstützungsfläche größer, hätte ich den Stock z. B. auf zwey Finger oder wohl gar auf drey Finger gelegt, so wäre es schon schwerer, den Körper zum Fallen zu bringen, weil dann die Direktionslinie der Schwere an eine Stelle fiele, die von der Gränze der Unterstützungsfläche weiter entfernt wäre, vorausgesetzt, daß der Schwerpunkt über der Mitte

der Unterstützungsfläche läge. Deswegen stehen alle Körper desto fester, je breiter ihre Basis ist.

Eine abgekürzte Pyramide Fig. 2. Taf. V. die man auf ihre breite Basis stellt, steht fester, als eine vollkommen gleiche Pyramide Fig. 3., die man auf ihre schmale Basis stellt. *d* Fig. 2 und 3 wird ohngefähr die Lage des Schwerpunktes bezeichnen, *a b* die Direktionslinie der Schwere. *b c* ist die Entfernung dieser Linie von der Gränze der Unterstützungsfläche. Offenbar ist diese Entfernung bey Fig. 2. viel größer.

Der Schwerpunkt des Menschen liegt in der Mitte des Unterleibes. So lange der Mensch nicht fallen soll, so lange muß die Direktionslinie der Schwere unter seine Fußsohlen oder zwischen seine Füße fallen. Natürlich steht ein Mensch auf zwey Beinen fester als auf einem Beine, und noch fester steht er auf ausgespreitzten Beinen. Pferde und andere vierfüßige Thiere stehen noch fester. Man erkennt die Größe der Unterstützungs-

fläche sehr deutlich, wenn man um die Füße eine Schnur zieht. Der Raum zwischen der Schnur macht dann die Basis aus.

Körper, welche schief stehen, fallen so lange nicht um, so lange die Direktionslinie der Schwere noch auf ihre Unterstützungsfläche trifft. Daß sie aber leichter umgeworfen werden können, als in der geraden Stellung, ist wieder sehr natürlich. Berühmt waren schon lange die schiefen Thürme zu Pisa und Bononien, welche ohnstreitig so gebaut worden sind. Der Thurm zu Pisa ist 300 Fuß hoch, und hängt 12 Fuß über; der zu Bologna ist 130 Fuß hoch und hängt 9 Fuß über. Aber sie fallen beyde nicht um, weil die Direktionslinie der Schwere *a b*, Fig. 6. Taf. V., noch auf die Basis trifft. Auf dem Wege nach Pyrmont, von Osnabrück bis Mele, steht ein schiefer Wartthurm, der auch so gebaut worden ist.

Oft senken sich Gebäude oder Theile von Gebäuden so sehr, daß der Einsturz zu besorgen steht. Hier

wäre denn eine richtige Beurtheilung der Lage des Schwerpunktes eben so nützlich, als bey der Aufrichtung des Gebäudes und bey der Verbindung seiner Theile selbst, um ohne Gefahr darin wohnen und demselben sich nahen zu können.

Je höher ein Thurm oder ein anderer Körper bey einerley Unterstützungsfläche ist, desto eher kann er umgeworfen werden. Man denke sich einen Thurm von einer gewissen Höhe etwas schief stehend, wie Fig. 6, so daß die Direktionslinie der Schwere noch auf die Basis trifft. In dieser Stellung denke man sich ihn noch einmal so hoch. Es rückt folglich auch der Schwerpunkt höher hinauf, und die Directionslinie der Schwere muß dann näher nach der Gränze der Basis hin fallen, wenn sie nicht gar schon darüber hinaus fällt.

Ist die Unterstützungsfläche eines Körpers sehr klein, so bringt oft eine leise Bewegung, ein geringes Schwanken den Körper zum Fallen. Nicht selten kann man aber auch hier durch eine schnelle Verrückung der

Lage des Schwerpunktes die Direktionslinie der Schwere auf einer sehr kleinen Fläche erhalten und das Umfallen des Körpers verhindern.

Wenn man einen Stock auf einen ruhenden Finger setzt, so wird er bald abfallen. Wenn man aber dem Finger in jedem Augenblicke geschickte Bewegungen zu geben und dadurch die Direktionslinie der Schwere auf dem Finger zu erhalten weiß, so balancirt er oft sehr lange auf demselben. Legt man einen hölzernen Teller mit seiner Mitte auf einen perpendikulairen dünnen Stift, so fällt er sogleich herab. Giebt man aber dem Teller eine sehr schnelle drehende Bewegung, so erhält er sich so lange auf dem Stifte, als die schnelle Bewegung fortdauert. Will der Teller an der schwereren Seite auch sinken, so hat er doch nicht Zeit dazu, weil in demselben Augenblicke leichtere Theile an die Stelle der schwereren treten. — Die Bewegung der Kreusel, welche Kinder durch Peitschen

oder durch Herumschnellen mit der Hand zu erhalten wissen, gründet sich ebenfalls hierauf.

Ferdinand mußte sich jetzt mit der linken Seite nahe an die Wand drücken. Herr Waltersdorf befahl ihm, das rechte Bein in die Höhe zu heben ohne von der Wand zu rücken. Ferdinand konnte dies nicht. So wie er das Bein aufhob, sank er wieder damit nieder, natürlich weil die Direktionslinie der Schwere rechts über die linke Fußsohle hinaus fiel. Nun mußte Ferdinand sich in die Mitte der Stube stellen und den rechten Fuß aufheben. Da ging es. Er konnte lange Zeit auf dem linken Fuße stehen bleiben. Aber warum? So wie Ferdinand den rechten Fuß aufhob, bewegte er seinen Körper (welches bey der Stellung an der Wand nicht geschehen konnte) nach der linken Seite zu, und dadurch brachte er, sich selbst unbewußt, die Direktionslinie der Schwere unter die linke Fußsohle.

Hieraus ist nun auch leicht die Geschicklichkeit der

Paßgänger oder derjenigen Pferde zu erklären, welche beyde Beine einer derselben Seite zu gleicher Zeit aufheben, statt daß sie sonst mit ihren Füßen kreuzweis den Boden betreten. Mit vieler Mühe müssen sie dazu abgerichtet werden. Man bindet ihnen das rechte Vorderbein und das rechte Hinterbein, das linke Vorderbein und das linke Hinterbein zusammen, peitscht sie und dann müssen sie das Paßgehen wohl lernen, wenn sie nicht fallen wollen. — Etwas ähnliches wie bey den Paßgängern sieht man oft an zwey Menschen die eine Portschaise oder an Zimmerleuten, die einen Balken tragen. Oft heben diese Menschen einerley Beine zugleich auf. Dasselbe kann jeder Mensch versuchen, wenn er auf allen Vieren kriecht.

Sehr interessant sind diejenigen Betrachtungen über den Schwerpunkt, welche man bey dem Gange des Menschen anstellen kann. Wenn der Mensch gehen will, so hebt er den einen Fuß auf und bewegt seinen Leib vorwärts. Aber nun trifft auch die Direktionslinie

der Schwere *a b* Fig. 8. Taf. V., vor ihn hin, und er würde nach eben der Richtung umsinken, wenn er nicht schnell den andern Fuß zur Unterstützung herbeyzöge. So geht es nun immer fort. Der Mensch fällt immer vorwärts, unterstützt sich aber auch immer wieder, damit er nicht wirklich zu Boden sinke. — Beym Laufen des Menschen ist das beständige Fallen und Unterstützen noch viel auffallender zu sehen.

Wenn der Mensch einen Berg besteigt, so muß er sich vorwärts neigen, weil bey der perpendikulairen Stellung die Direktionslinie der Schwere hinter seine Fersen fallen würde. Beym Herabsteigen eines Berges muß er sich zurückbeugen, weil sonst die Direktionslinie vor seine Füße hinaus treffen würde. Wenn der Mensch eine Last auf dem Rücken trägt, so macht die Last mit dem Menschen gleichsam ein System aus; der Schwerpunkt kann deswegen nicht mehr in der Mitte des Unterleibes liegen, sondern an einer Stelle näher nach der Last zu. Will der Mensch also die Direktionslinie

der Schwere unter seine Füße bringen und nicht fallen, so muß er sich vorwärts beugen. Der Mensch, welcher eine Last vor dem Bauche trägt, muß sich zurückbeugen. Man sieht dies an dicken Menschen, und an Menschen, die eine Trommel, Nürnberger Waare u. d. gl. vor sich tragen. Ein Mensch, der etwas Schweres auf der Schulter oder in der einen Hand trägt, muß sich nach der andern Seite hin neigen. Ein alter Mensch mit gekrümmtem Rücken bedarf eines Stocks zur Vergrößerung seiner Basis, um nicht vorwärts zu fallen.

Beyspiele, wie weit es Menschen durch Uebung dahin bringen können, auf sehr schmalen Unterstützungsflächen zu stehen, zu gehen und zu laufen, sehen wir an den Aequilibristen, Seiltänzern und Schrittschuhläufern. Diese Menschen haben gelernt, durch eine gewisse schnelle Bewegung ihres Leibes sich eben so auf den schmalen Körpern zu erhalten, als wir den Stock durch stetes Balanciren per-

pendikulair auf dem Finger zu erhalten wissen. Die Balancirstange dient den Seiltänzern trefflich zur Beyhülfe, indem sie sie bald rechts bald links hinschieben, je nachdem die Direktionslinie links oder rechts neben dem Seile hin fallen will.

Bey Thieren sieht man oft eine ähnliche Geschicklichkeit. Eine Ziege geht auf der schmalsten Latte und dreht sich auch wohl auf derselben noch um. Die Gemsen in gebirgigten Gegenden stellen sich mit Sicherheit auf die kleinste Felsenspitze. Die Gebirgsrosse tragen Reisende über die schmalsten Pfade, so daß dies beym Anblick Schauder erregt.

Ein bewegter Körper übt auf einen andern die größte Wirkung aus, wenn er ihn mit der Stelle trifft, wo sein Schwerpunkt sich befindet. Denn seine Masse ist ja in demselben gleichsam vereinigt. Fällt uns ein Balken auf den Fuß, so thut er uns den meisten Schaden, wenn er mit dem Schwerpunkte auftrifft.

Die Wirkung eines Säbels ist an derjenigen Stelle am größten, wo sein Schwerpunkt sich befindet.

Wenn man drey Messer, wie Fig. 7. Taf. V., so zusammensteckt, daß das eine horizontal kommt und die beyden übrigen perpendikulair von jenem herabhängen, so balanciren sie leicht auf einem Stifte, auf welchen man das horizontale Messer legt. Man kann sie sogar schnell auf demselben herumdrehen, ohne daß sie herunterfallen. Natürlich mußte man beym Auflegen der Messer erst die Stelle treffen, wo der Schwerpunkt sich befindet. So auf den Stift gelegt, verrückt er sich nicht leicht wegen der gleichförmigen Vertheilung der Gewichte. — Hierauf gründen sich die Künste der kleinen Balancirmännchen von Glas, welche auf einer feinen Spitze schweben. Sie haben in ihren Händen einen bogenförmigen Draht (als Balancirstange) mit Kugeln an jedem Ende.

Jetzt legte Herr Waltersdorf eine Kugel und

einen Cylinder auf eine schiefe Ebene. Beyde rollten von derselben herab. Die Direktionslinie der Schwere fiel nämlich in jedem Augenblicke hinunterwärts über die Unterstützungsfläche (die bey der Kugel eigentlich nur ein Punkt, bey dem Cylinder eine Linie war). Eine bleyerne Halbkugel legte er auf die Kante. Aber sie blieb so nicht liegen, sondern rollte so lange hin und her bis die Kreisfläche (oder Durchschnittsfläche) horizontal stand. Hieraus sah Ferdinand, daß der Schwerpunkt stets den niedrigsten Ort einnahm, wenn er dazu gelangen konnte. Dann wurde ein kleines Männchen von Holundermark herbeygeholt, das mit seinen Füßen an eine bleyerne Halbkugel befestigt war. Wenn er das Männchen mit seiner ganzen Länge auf den Tisch legte, so richtete es sich augenblicklich von selbst wieder empor. Wegen der so außerordentlich leichten Materie hatte der Schwerpunkt der bleyernen Halbkugel nur unbedeutend seine Stelle verändert. Die Sache verhielt sich hier beynahe noch eben

eben so, als wenn die Halbkugel gar kein Holundermark auf ihrer Kreisfläche enthielt.

Wären an dem Umfange dieser Kreisfläche ein Paar runde Zapfen befestigt, die sich leicht in Löchern bewegten — redete Herr Waltersdorf weiter — so würde die Halbkugel gleichfalls nicht eher ruhen, als bis die Kreisfläche horizontal stände. Auch jeder andere schwere Körper, der so auf Zapfen und in Ringen schwebt, würde sich mit seiner Oberfläche stets in der horizontalen Lage zu erhalten wissen. Und darauf gründet sich eben die Aufhängungsart des Kompasses; die in ein Kugelgerippe eingeschlossene Rolllampe des Cardan's, welche man auf der Erde herumwerfen kann, ohne daß sie erlöscht; das schwimmende in einem kleinen Boote befindliche Licht des Engländers Shipley zur Rettung der Menschen, die des Nachts über Bord gefallen sind; die Construktion verschiedener Lebensboote oder Rettungsboote,

welche nicht umschlagen können, und manche andere wichtige Vorkehrung.

Ferdinand hatte vorhin gesehen, wie ein Cylinder von einer schiefen Ebene herabrollte. Aber unvermuthet brachte Herr Waltersdorf eine schiefe Ebene herbey, worauf ein Cylinder, wie Fig. 4. Taf. V. hinaufrollte. Das hatte Ferdinand nicht vermuthet. Er entdeckte jedoch bald das Geheimniß. Der Cylinder war hohl und enthielt inwendig an einer gewissen Stelle seiner krummen Seitenfläche, bey *d*, ein Stück Bley, wodurch sein Schwerpunkt nach dieser Seite zu fiel. Stellte man nun den Cylinder so auf die schiefe Ebene, daß der schwere Theil *d* hinaufwärts nach der Ebene hin kam, so fiel auch die Direktionslinie der Schwere hinaufwärts, folglich mußte der Cylinder nach derselben Gegend hin rollen, und zwar so lange, bis *d* unten auf der Ebene lag. Dann ruhte der Cylinder auf der Ebene.

Nun wurde eine schiefe Ebene, wie Fig. 5, von

ein Paar hölzernen winkelförmig zusammengesetzten Schenkeln gebildet, auf den Tisch gestellt; ein Doppelkegel, der nahe an den Scheitel des Winkels in die Oeffnung gelegt wurde, rollte auf der schiefen Ebene in die Höhe. Dies Hinaufrollen war eigentlich nur scheinbar. Denn so wie der Kegel in die immer weitere Oeffnung hineinrollte, so kam der Schwerpunkt immer tiefer herab. Man konnte dies recht gut sehen, wenn man sich von der Achse des Cylinders perpendikulaire Linien bis auf den Tisch gedachte. Da sah man denn, daß diese Linien beym Hinaufrollen nicht größer, sondern kleiner wurden, daß mithin der Cylinder mit seiner Achse und mit seinem Schwerpunkte immer tiefer herabkam.

Die Stelle des Doppelkegels auf dem Tische nahm bald das chinesische Purzelmännchen Fig. 9. ein, welches unserm Ferdinand vorzüglich viele Freude machte. Herr Waltersdorf setzte ein einfaches mit gelenkigten Armen und Beinen versehenes Männ-

chen B so auf die oberste Stufe einer kleinen Treppe, daß es die Hände über dem Kopfe zurückschlug. Das Männchen setzte die Hände auf, schleuderte die Beine über sich, kam wieder auf die Beine zu stehen, beugte aber bald seinen Leib zurück, schlug die Hände wieder über den Kopf u. s. f. und purzelte so regelmäßig von einer Stufe zur andern bis unten hin, als wenn es lebendig gewesen wäre. Noch überraschender war das Spiel der doppelten Männchen A, welche eine Stange in ihren Händen hielten. Sie hoben sich die ganze Treppe hinunter eines über den andern empor.

In dem hohlen Leibe des einzelnen Männchen befand sich nämlich Quecksilber, welches bald in den Kopf, bald in den Unterleib floß. War es in den Kopf geflossen, so befanden sich die Beine in der Höhe. Sie bekamen aber, weil sie einen langen Hebelsarm bildeten, bald das Uebergewicht, und schlugen sich zu einer Stufe hinunter; dann rollte das Quecksilber wieder in den Kopf, der Leib fiel zurück, die Beine kamen wieder

in die Höhe, schlugen wieder nieder, und so ging die Bewegung bis unten auf den Tisch unaufhaltsam fort. — Bey dem doppelten Männchen befand sich das Quecksilber in den hohlen Stangen. Durch das Herunterrollen darin ging das eine Männchen in die Höhe, schlug über, so daß nun das Quecksilber nach dem andern Ende der Stange hinrollte, das andere Männchen in die Höhe stieg u. s. w. Uebrigens ist das einfache Purzelmännchen eine chinesische Erfindung; das doppelte ist eine Erfindung der neuern Zeiten. Sie stammt wahrscheinlich aus Nürnberg her.

Dreyzehntes Kapitel.

Vom Stoß der Körper.

Gleich beym Anfange des nächsten Unterrichts legte Herr Waltersdorf eine Billiardkugel auf den Tisch. Er ließ eine andere dagegen laufen, und die ruhende Kugel flog weit über den Tisch hin. Die Wirkung, lieber Ferdinand, sagte er darauf, welche du so eben beym Zusammentreffen der Kugeln gesehen hast, wird Stoß genannt. Es können aber auch beyde Kugeln sich bewegen und an einander rennen. Sie stoßen sich dann ebenfalls.

Denk' dir nun einmal zwey **unelastische Körper**, z. B. zwey unelastische Kugeln, durchaus von einerley Masse. Wenn diese mit gleicher Geschwindigkeit gegen einander stoßen, so werden sie in dem Augenblicke des Zusammentreffens ruhen. Beyde haben einerley **bewegende Kraft** (einerley Produkt der Masse in die Geschwindigkeit); und dann heben sie sich beym Stoß natürlich einander auf. Nennen wir die Masse des einen und des andern Körpers = 1, die Geschwindigkeit = 2, so wäre die Bewegende Kraft von jedem 1 mal 2.

Wäre aber die Masse des einem Körpers = 1, des andern = 2 (also doppelt so groß); die Geschwindigkeit des erstern = 2, des andern = 1 (also halb so groß), so würde beym Stoß die nämliche Erscheinung, wie vorhin, erfolgen. Denn die bewegende Kraft des ersten Körpers wäre 1 mal 2, und des zweyten 2 mal 1; mithin wäre sie wieder bey beyden gleich. Stellen wir uns aber vor, beyde Körper hätten einerley Masse (1 = 1), hingegen die Geschindigkeit des erstern

wäre 1, des andern wäre 4, so könnte nach dem Stoße keine Ruhe erfolgen, sondern der erste Körper müßte nach dem Stoße zurückgehen, und zwar mit einer bewegenden Kraft = 4 mal 1 weniger 1 mal 1 oder = 3; und mit einer Geschwindigkeit = 3 dividirt durch die Summe der Massen beyder Körper (= 2). Dies machte also = 1. — So ist es nun auch, wenn die Geschwindigkeiten gleich und die Massen ungleich sind.

Sind die Körper elastisch, z. B. ein Paar elfenbeinerne an Fäden aufgehängte Kugeln, so verändert sich vieles. Rennen ein Paar gleich große elfenbeinerne Kugeln mit gleicher Geschwindigkeit an einander, so fahren sie in dem Augenblicke des Zusammentreffens mit derselben Geschwindigkeit wieder zurück. Stoßen sie mit ungleicher Geschwindigkeit aneinander, so vertauschen sie gleichsam ihre Geschwindigkeit, die erste geht mit der Geschwindigkeit der andern, und die andere mit der Geschwindigkeit der ersten zurück.

Das Zurückspringen findet deswegen statt: An der

Stelle, wo die Kugeln an einander stoßen, drücken sie sich etwas platt; aber vermöge ihrer Elasticität springen sie auch sogleich wieder in ihre vorige Form; dabey wirken sie denn natürlich eine auf die andere und schnellen sich fort.

Eine Reihe an Fäden zwischen einem Gestelle hängende gleich große elastische (elfenbeinerne) Kugeln, wie Fig. 10. Taf. V., bilden die Stoßmaschine oder Percussionsmaschine, womit man folgende sehr artige Versuche anstellen kann. Wenn man eine Kugel aufhebt und sie gegen die Reihe fallen läßt, so springt in demselben Augenblicke an dem andern Ende der Reihe auch eine Kugel und zwar mit derselben Geschwindigkeit ab. Läßt man zwey Kugeln an die Reihe stoßen, so springen am andern Ende auch zwey ab; läßt man drey an die Reihe laufen, so springen drey ab; u. s. w. Nur müssen alle Kugeln einander berühren und insgesammt müssen sie auch so hängen, daß eine gerade Linie durch aller Mittelpunkte geht.

Hätte man zwey Kugeln, wovon die Masse der einen nur halb so groß wäre, als die Masse der andern, und man ließe die große mit einer Geschwindigkeit von 1 Fuß gegen die kleine stoßen, so würde diese mit der Geschwindigkeit von $\frac{4}{3}$ Fuß hinwegfliegen. Hätte man drey Kugeln, deren Masse sich so verhielten, wie 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, (nämlich die Masse der einen immer halb so groß als die Masse der kurz vorhergehenden), so würde die dritte beym Anstoßen der ersten und größten mit einer Geschwindigkeit von $\frac{4}{3}$ mal $\frac{4}{3}$ oder $(\frac{4}{3})^2$ abfliegen; die Geschwindigkeit ein für allemal 1 (z. B. 1 Fuß) gesetzt. Hätte man neun solche Kugeln, wovon die folgende immer halb so groß als die kurz vorhergehende ist, so würde die neunte mit einer Geschwindigkeit von $(\frac{4}{3})^8$ abspringen. Dies machte $\frac{65536}{6561}$ oder $9\frac{6487}{6561}$. Hätte man nun gar eine solche Reihe von hundert Kugeln, so würde die letzte mit einer Geschwindigkeit von $(\frac{4}{3})^{99}$ oder 2 Billionen und 338500 Millionen Pariser Fuß in einer Sekunde abfliegen, wenn man die größte mit

der Geschwindigkeit von 1 Fuß in der Sekunde anrennen ließe. Dies macht fast 97 Millionen und 437500 Meilen in der Sekunde. Folglich würde ihre Geschwindigkeit 2400 mal größer seyn als die Geschwindigkeit des Lichts, das bekanntlich in $8\frac{1}{2}$ Minute den Weg von 21 Millionen Meilen (von der Sonne bis auf die Erde) zurücklegt.

Ferdinand meynte, ein solcher Versuch müßte sich leicht anstellen lassen, weil man für Geld hundert Kugeln kaufen könnte, wovon die eine immer noch einmal so groß wäre, als die andere; aber Herr Waltersdorf zeigte ihm, daß sich der Versuch mit hundert Kugeln unmöglich anstellen ließe, daß, wenn der Durchmesser der kleinsten Kugel einen Zoll betrüge, die größte achttausendmal größer seyn müßte als unsere Erde, oder ihr Durchmesser 21 mal größer als der Durchmesser der Erde.

Herr Waltersdorf hatte einen ziemlich dicken Amboß auf ein elastisches Polster gelegt. Ferdi=

nand mußte mit einem schweren Hammer, den er kaum emporzuheben vermochte, auf den Amboß schlagen. Wie wunderte er sich über die Leichtigkeit, womit dies von statten ging. Da der Hammer nur erst einmal auf den Amboß gefallen war, so brauchte er nur wenige Kraft anzuwenden, ihn wieder in die Höhe zu heben und das Schlagen fortzusetzen. Jeder harte unelastische (oder wenig elastische) Körper, sagte unser Lehrer, der an ein unbewegliches elastisches Hinderniß stößt, muß mit der anstoßenden Geschwindigkeit abspringen.

Es giebt manche, sogenannte wunderstarke Menschen, die einen großen Schmiedeamboß auf ihre Brust legen, und nun von ein Paar Schmiedeknechten dickes Stabeisen ordentlich auf sich schmieden lassen. Diese Kunst ist gar nicht groß, sobald die Brust nur stark genug ist, den Amboß zu tragen.

Wenn man eine starke irdene Pfeifenröhre ... einer großen Höhe recht senkrecht auf einen ebenen

Stein fallen läßt, so springt sie immer wieder bis zu derselben Höhe zurück. Ist eine schwache Stelle daran, so springt auch wohl nur ein Stück ab und bis zu jener Höhe empor. — Das Alles ist aus dem Bisherigen gar leicht zu erklären.

Noch ließ Herr Waltersdorf eine Billiardkugel unter einem spitzigen Winkel gegen eine elastische Ebene laufen; wie *e*, Fig. 11. Taf. V., gegen *a b*. So wie die Kugel bey *c* antraf, sprang sie unter demselben Winkel nach der andern Seite hin, wieder ab. Die anstoßende Kraft des Körpers kann man nämlich in zwey Kräfte zerlegen, in die senkrechte *e b*, welche von der Ebene völlig aufgehalten wird, und in die parallele $f\,e = c\,b$, mit welcher die Kugel längs *c a* ihre Bewegung fortsetzen würde. Stößt die Kugel bey *c* an, so will sie von da wieder mit der senkrechten Geschwindigkeit zurückspringen. Aus dieser und der horizontalen $a\,c = b\,c$ entsteht nun wieder eine mittlere *c d*, nach welcher die Kugel von der Ebene abspringt.

Immer muß also der Zurückprallwinkel z dem Einfallswinkel x gleich seyn.

Dasselbe geschieht sogar — was die meisten Kinder wissen — wenn man einen Stein unter einem kleinen Winkel auf eine Wasserfläche wirft. Der Stein prallt dann unter demselben Winkel nach der andern Gegend hin ab. Oft stößt er noch ein= zwey= drey= und mehrmal an und ab, wenn man ihn geschickt zu werfen versteht. Selbst flach auffallende Kanonenkugeln prellen eben so von der Wasserfläche zurück.

Vierzehntes Kapitel.

Vom Schalle.

Die Theilchen aller elastischen Körper können durch Schlagen, Streichen oder durch andere angreifende Bewegungen in diejenige Erschütterung gerathen, welche wir Schall nennen. Diese Erschütterung muß aber andern Körpern, welche mit den Werkzeugen unseres Gehörs in Berührung stehen, mitgetheilt werden können, wenn wir den Schall hören sollen.

So begann Herr Waltersdorf in der nächsten Stunde seinen Unterricht. Er schlug erst zwey Stöcke zusammen, und man hörte nicht blos den Schall, der

dadurch erregt wurde, sondern man fühlte auch die Erschütterungen der Theilchen, wenn man in dem Augenblicke der Erzeugung des Schalls die Stöcke mit ein Paar Fingern berührte. Dasselbe hörte und fühlte man auch, wenn ein Hammer an eine Glocke schlug, wenn man eine tönende Saite berührte ꝛc. Lehnte man ein an einem Faden hängendes Siegellackkügelchen an die tönende Glöcke, so bewegte es sich mit pendelartigen Schwingungen hin und her. Eine tönende Saite warf Papierstreifen von sich, die man an sie gehängt hatte — Beym Abbrennen einer Kanone, beym Läuten mehrerer Glokken, selbst beym Rasseln eines Wagens erschüttern ja oft ganze Gebäude.

Wenn man aus der verkleinerten Mundöffnung schnell eine Menge Luft herauspreßt, so kommen die Lufttheilchen in eine schütternde oder schwingende Bewegung, und es entsteht denn das Pfeifen daraus. Eben so entstehen auch Erschütterungen, wenn eine

Menge Lufttheilchen plötzlich zusammengeworfen oder schnell hin und herbewegt werden, oder wenn sie gewaltsam an einem festen Körper stoßen ꝛc., wie beym Knall einer Peitsche, beym Losbrennen der Gewehre, beym Krachen des Donners, beym Brausen des Windes ꝛc.

Glocken, Gläser, Saiten, Stahlfedern, und ähnliche sehr elastische Körper sind vorzüglich eines sehr vernehmlichen Schalls fähig. Daß es aber hierbey auf eine recht starke Elasticität allein nicht ankommt, beweist das Federharz, dem man keinen lauten Schall entlocken kann. Es gehört nämlich auch ein gewisser Grad von Sprödigkeit oder eine gewisse Spannung der Theilchen zu dem Schallen eines Körpers.

Herr Waltersdorf schlug erst mit einem eisernen und dann mit einem hölzernen Hammer an eine Glocke. Letzterer brachte einen lange nicht so vernehmlichen Schall hervor als ersterer, welcher natürlich wegen seiner größern Dichtig-

keit mehr Masse auf einen Punkt hinwirken lassen und die Theilchen gewaltsamer erschüttern konnte. Er strich nun mit einem glatten und schlaffen Violinbogen die Saiten einer Violine, und sie klangen nicht. Sie thaten dies erst, als der Bogen straff gespannt und durch Colophonium rauh gemacht worden war. Dann erst konnten die Theilchen des schallenden Körpers in eine zitternde oder schwingende Bewegung versetzt werden. Jetzt nahm der unermüdete Lehrer ein Trinkglas, und mit einem nassen Finger strich er immer schneller und schneller auf dem Rande herum. Es kam dann ein lebhafter Klang zum Vorschein, dessen Entstehung Ferdinand jetzt recht gut zu begreifen im Stande war. Eine sehr schöne Harmonika zeigte Herr Waltersdorf ebenfalls. Sie bestand aus mehreren an einer Welle befestigten Glasglocken von abnehmender Größe. Die Welle mit diesen Glocken wurde wie ein Spinnrad durch Treten in Bewegung gesetzt, und indem Herr

Waltersdorf die Glocken an den nassen Fingern hinstreichen ließ, brachten sie himmlische Töne hervor.

Je nachdem die Erschütterungen oder Schwingungen der schallenden Körper schneller oder langsamer, regelmäßig oder unregelmäßig geschehen, je nachdem ist auch die Empfindung des Schalls von anderer und anderer Art. Deswegen hat man fast für jede dieser verschiedenen Schallarten einen eigenen Namen eingeführt. Unsere deutsche Muttersprache ist ganz vorzüglich reichhaltig an solchen Benennungen. Wenn die Schwingungen des schallenden Körpers regelmäßig sind, wie bey einer Glocke, einer Saite, einer Flöte u. s. w., so wird der Schall Klang genannt. Sehen wir aber zugleich auf den Unterschied, welcher durch die größere oder geringere Schnelligkeit der Schwingungen hervorkommt, so nennen wir ihn Ton. Ein Schall, dessen Schwingungen unregelmäßig sind und bald wieder aufhören, heißt Geräusch. Er wird Knall genannt, wenn er sehr heftig ist und nicht

viel länger als einen Augenblick dauert. Außerdem giebt es noch mehrere andere Benennungen für die Verschiedenheiten des Schalls, welche sehr bezeichnend sind, z. B. Getös, Gerassel, Geprassel, Krachen, Brausen, Rauschen, Rollen, Brummen, Klatschen, Murmeln, Knistern, Zischen, Pfeifen ꝛc.

Unter den vielerley Arten des Schalls ist vorzüglich der Ton sehr merkwürdig. Der ganze Gebrauch der musikalischen Instrumente beruht ja darauf. Die schallenden Theile dieser Werkzeuge machen ihre regelmäßigen Schwingungen bald geschwinder, bald langsamer. Erfolgen in einerley Zeit mehr Schwingungen, so nennt man den Ton höher; erfolgen weniger, so ist der Ton tiefer. Wenn die Anzahl der Schwingungen zweyer Töne sich wie 1 zu 2 verhält, so sind die Töne um eine Octave von einander unterschieden; verhalten sie sich wie 2 zu 3, so machen sie eine Quinte; wie 3 zu 4 eine Quarte; wie 4 zu 5 die große

Terze; wie 5 zu 6 die kleine Terze; wie 5 zu 8 die große Sexte; wie 5 zu 9 die kleine Septime u. s. w.

Wenn Töne gar zu hoch und gar zu tief sind, so werden sie dem Ohr undeutlich. Der tiefste hörbare Ton ist derjenige, welcher in einer Sekunde ohngefähr durch 30 Schwingungen, der höchste, welcher in derselben Zeit ohngefähr durch 7550 Schwingungen entsteht. Mehrere musikalische Instrumente sind im Einklange, wenn sie auf einerley Ton gestimmt sind. Daß sie demohngeachtet nicht einerley Empfindungen in das Ohr pflanzen, rührt von ihrer verschiedenartigen Materie und von ihrer unterschiedlichen Bauart her, wodurch wohl ein gleich schnelles Zittern, aber doch ein anderes Zittern bewirkt werden kann. Man denke nur an die gleichen Töne einer Violine, einer Flöte u. s. w.

Bey Saiteninstrumenten hängt die verschiedene Stärke und Höhe der Töne nicht nur von der verschie-

denen Spannung der Saiten, sondern auch von ihrer verschiedenen Länge und Dicke ab. Von zwey gleich dicken und gleich gespannten Saiten macht die kürzere in einer Sekunde die meisten Schwingungen; ihr Ton ist also höher. Von zwey gleich langen und gleich gespannten Saiten bringt die dünneste in derselben Zeit die meisten Schwingungen, folglich den höchsten Ton hervor. Von zwey gleich dicken und gleich langen Saiten endlich ist der Ton derjenigen am höchsten, welche die größte Spannung hat.

Das alles zeigte Herr Waltersdorf an einen Tonmesser (Sonometer, Monochord). Dies einfache Werkzeug bestand aus ein Paar Darmsaiten, die er in einem länglichten Kasten durch Gewichte willkührlich spannen, und durch untergesetzte Stege beliebig verlängern und verkürzen konnte. Wenn er eine Saite ihrer ganzen Länge nach schwingen ließ, so kam der sogenannte Grundton der Saite zum Vorschein. — Er erinnerte seinen jungen Zuhörer auch daran, daß

zusammenklingende dem Ohr angenehme Töne, die eine Harmonie bilden, Consonanzen, im Gegentheil aber Dissonanzen genannt werden; und dann setzte er seine Belehrungen mit folgenden Worten fort.

Auf klingenden Saiten sowohl, als auf andern klingenden Körpern befinden sich immer gewisse Stellen, welche nicht mit schwingen. Dem Doktor Chladni aus Wittenberg verdanken wir die höchst merkwürdige Erfindung, solche Stellen dem Auge sichtbar zu machen. Er nahm eine kreisrunde oder viereckigte Glasscheibe, die er mit feinem nicht staubigtem Sand oder mit pulverisirtem Alabaster bestreut hatte, spitz zwischen zwey Finger. Dann strich er mit einem Violinbogen den Rand dieser Gläser, wovon er die überflüssige Schärfe hinweggefeilt hatte. In demselben Augenblick, wo sich ein heller Klang hören ließ, wurde der Sand mit auffallender Heftigkeit von den klingenden Stellen hinweggeworfen; nur auf den nicht mitklingenden, folg-

lich nicht mit schwingenden Stellen, blieb er liegen und bildete da die regelmäßigsten Figuren, ohngefähr wie Fig. 6. 7 und 8. Taf. VI. Je reiner der Klang war, desto hübscher fiel allemal die Figur aus. Beym unordentlichen Schalle hingegen wurden sie immer unregelmäßig, weil da auch die Schwingungen nur mit Unregelmäßigkeit geschehen.

Herr Waltersdorf machte selbst diese Versuche nach, und glücklich brachte auch er jene Chladnischen Figuren oder Klangfiguren zum Vorschein. Er setzte dann ein ohngefähr halb mit Wasser angefülltes Glas auf dem Tisch, und strich den Rand desselben bald mit dem Violinbogen, bald mit dem nassen Finger. So wie das Glas einen lebhaften Klang von sich gab, so bemerkte man nicht blos eine wellenartige Bewegung des Wassers, sondern man sah auch die Wellen nur von bestimmten Stellen des Randes ausfahren, von andern Stellen ganz und gar nicht.

Wenn man die Ruhestellen eines schallenden

Körpers mit irgend einer Sache berührt, so stört man dadurch die Schwingungen des Körpers, folglich auch den Schall, keinesweges. Dies geschieht aber augenblicklich, sobald man schwingende Stellen trifft. Um dies zu bemerken, braucht man nur mit dem Hammer an eine Glocke zu schlagen, und sie kurz darauf mit der Hand zu berühren. Es wird dann sogleich aller Klang aufhören. Deswegen muß auch bey Uhren der Hammer sogleich wieder (durch eine stählerne Feder) zurückgetrieben werden, wenn er an die Glocke geschlagen hat, damit die schwingenden Stellen frey bleiben. Deswegen tönt auch eine Thurmglocke nicht, wenn Schnee darauf liegt. Eine Glocke, die gesprungen ist, klingt sehr dumpf, weil der Riß die Schwingungen unterbricht.

Von dem schallenden Körper aus müssen immer andere Körper bis an unsere Gehörnerven reichen, wenn wir den Schall empfinden sollen. Durch diese Körper müssen unsere Gehörnerven erschüttert werden,

folglich müssen sie, um fähig zu seyn den Schall bis in unser Ohr zu leiten, die Erschütterungen oder Schwingungen von dem schallenden Körper mitgetheilt bekommen. Das gemeinste Fortpflanzungsmittel des Schalls, und für unser Gehör auch das zweckmäßigste, ist die Luft, welche an keiner Stelle unsers Erdballs fehlt, und beständig mit den Werkzeugen unsers Gehörs in Berührung steht. Durch die zitternden oder schwingenden Theile des schallenden Körpers wird die anliegende Luft abwechselnd zusammengedrückt und wieder ausgedehnt. Daraus entstehen in ihr lauter wellenartige Bewegungen, wie Fig. 5. Taf. VI, die mit den Wasserwellen Aehnlichkeit haben, welche durch einen ins Wasser geworfenen Stein zum Vorschein kommen, nur mit dem Unterschiede, daß sie nicht blos kreisförmig sind, wie diese, und daß ihre Geschwindigkeit bedeutend größer ist.

So bilden tönende Glocken und Saiten, indem sie die anliegende Luft erschüttern, Schallwellen um sich

herum, die immer wieder die angränzende Luft erschüttern und auch diese in Schallwellen verwandeln, u. s. w. Natürlich werden die Schallwellen, so wie sie sich weiter ausbreiten, immer schwächer und schwächer, und endlich verschwinden sie. Dann hört man von dem Schalle nichts mehr.

Auch das Knallen der Schießgewehre, das Klatschen einer Peitsche, der Knall beym Platzen einer Blase ꝛc. rührt blos von plötzlichen Erschütterungen, Zusammenpressungen und augenblicklichen Wiederausdehnungen der Luft her, wodurch oft sehr dicke Schallwellen entstehen, die sich sehr schnell hinter einander ausbreiten. — An dem Ende einer Orgelpfeife fühlt man sehr merklich die Erschütterungen der Luft. Eine Kugel, die durch die Luft fliegt, pfeift, weil sie die Luft nicht erschüttert, sondern blos zur Seite schiebt.

Ohne Störung durchkreuzen sich die Schallwellen oft auf eine mannigfaltige Weise. Sie folgen in eben

der Ordnung und Geschwindigkeit, in welcher sie entstehen, einander nach und breiten sich nach allen Richtungen aus. Deswegen kann auch das Ohr bey einer vollstimmigen Musik die Töne jedes einzelnen Instruments unterscheiden.

Natürlich muß der Schall desto stärker seyn, je mehr Lufttheile in eine schwingende Bewegung kommen. Auch muß der Schall in der Nähe des schallenden Körpers, wo die Schallstrahlen am dichtesten beysammen sind, die größte Stärke besitzen. Mit der Entfernung von dem schallenden Körper nimmt er ab, und zwar in dem Verhältnisse des Quadrats dieser Entfernung. Noch einmal so weit von einem schallenden Körper (z. B. von einem losgehenden Schießgewehre, von einer geläuteten Glocke, von der menschlichen Stimme ꝛc.) hört man den Schall viermal schwächer; dreymal so weit hört man ihn neunmal schwächer ꝛc.

Durch Thüren, Fenster und andere Oeffnungen dringt der Schall. Die Schallwellen schieben sich gleich-

sam durch diese Oeffnungen hindurch und breiten sich jenseits derselben von neuem aus, eben so wie die schon erwähnten wellenförmigen Kreise im Wasser. Daher kommt es, daß man das Geräusch auf der Straße viel besser hört, wenn man ein Fenster öffnet. Deswegen hört man auch vor einem Berge das Schiessen, welches hinter dem Berge geschieht. Deswegen dringt auch auf der See der Kanonendonner eines Schiffes in unsere Ohren, welches man wegen der Rundung der Erde noch nicht sieht.

Oft werden Lufttheile von schallenden Körpern so stark erschüttert, daß sie, außer den subtilen Werkzeugen unseres Gehörs, auch noch andere Körper in eine zitternde Bewegung setzen. Das vermehrt denn natürlich sehr oft die Empfindung des Schalls in den Gehörnerven. In der Nähe einer klingenden Saite tanzen die Sonnenstäubchen oft auf und nieder, und eine gleich gestimmte Saite, die sich nahe dabey befindet, klingt oft mit. Wenn eine Glocke geläutet wird,

so tönen gewöhnlich auch diejenigen mit, welche nicht weit davon hängen. Eine Trommel setzt oft still stehendes Wasser in Bewegung, und durch ein heftiges Donnerwetter werden oft ganze Gebäude erschüttert. Bey der schrecklichen Explosion zu Eisenach sprangen Fenster in einer Entfernung von einigen Stunden. Bey Violinen, Baßgeigen, Clavieren ꝛc. werden auch die Holztheilchen, bey Waldhörnern, Trompeten ꝛc. auch die Metalltheilchen mit erschüttert. Dadurch wird dann der Schall nicht wenig verstärkt.

Merkwürdig sind die sogenannten Glasschreyer, oder diejenigen Menschen, welche durch ihr Geschrey Gläser zersprengen können, ohne sie anzurühren. Sie schreyen nämlich in demselben Tone, den das Glas beym sanften Schlagen von sich giebt, oder in einem etwas höhern Tone, in die Gläser hinein. Die Gläser fangen dadurch an zu tönen, tönen nach und nach immer stärker und stärker, bis endlich die Erschütterung

so stark wird, daß die Theilchen des Glases ihren Zusammenhang verlieren und auseinander fallen.

Wenn dem Schalle kein Hinderniß aufstößt, so pflanzt er sich in gerader Richtung fort. Man denke sich jedes Theilchen eines schallenden Körpers einzeln. Es erschüttert die anliegende Luft, und bildet eine Schallwelle, die sich schnell immer weiter und weiter ausbreitet. So lange die zitternde Bewegung des Theilchens dauert, so lange entstehen immer neue und neue Schallwellen, die den vorhergehenden stets nachfolgen. Alle diese, *einem* Theilchen des schallenden Körpers zugehörigen, Schallwellen bilden einen Kegel, wovon das Theilchen die Spitze ist. Auch der Raum, den eine einzige Schallwelle zurücklegt, kann man schon als einen solchen Kegel ansehen. Denkt man sich das Theilchen nur als einen Punkt, so ist jeder einzelne Kegel sehr fein; und dann wird er ein *Schallstrahl* genannt. Viele zusammenliegende Schallstrahlen machen eigentlich die *Schallwellen* aus.

Zur Fortpflanzung des Schalls gehört Zeit, so wie zu jeder andern Bewegung. Wenn man in einer gewissen Entfernung eine Kanone losbrennen sieht, so bemerkt man Blitz und Knall nicht auf einmal, obgleich sie zu gleicher Zeit entstehen; sondern den Knall hört man allemal erst später. Erblicke ich an den entgegengesetzten Ende einer Straße einen Mann, der Holz spaltet, so höre ich den Schall des Schlages später, als ich die Axt auf das Holz fallen sehe. Schlägt auf einem hohen Thurme, an dessen Fuß ich stehe, der Hammer an eine Glocke, so kömmt der Klang später zu meinen Ohren, als der Hammer auf die Glocke fällt. Je weiter ein schallender Körper von mir entfernt ist, desto länger dauert es, ehe der Schall zu meinen Ohren gelangt.

Durch Berechnungen und Versuche hat man gefunden, daß der Schall stets mit einerley Geschwindigkeit, und zwar in einer Sekunde Zeit mit einer Geschwindigkeit von 1036 bis 1040 Pariser Fuß sich

durch die Luft fortgeflanzt. Winde, Feuchtigkeit, größere und geringere Dichte und Elasticität der Luft machen hierin immer nur einen kleinen Unterschied.

Versuche, die Geschwindigkeit des Schalls zu bestimmen, sind einfach, setzen nur Sorgfalt im Beobachten und eine gute Tertienuhr voraus. Die Tertienuhr hat nämlich einen Zeiger, welcher in einer Sekunde auf einem in 60 Theile getheilten Kreise des Zieferblatts herumläuft und folglich die 60 Theile einer Sekunde, oder einzelne Tertien, bemerklich macht. Durch einen Drücker kann man den Tertienzeiger in jedem Augenblicke losgehen lassen und in jedem Augenblicke im Stillstand bringen, um die Zahl der Tertien in der Zwischenzeit mit Ruhe bemerken zu können. Eine Kanone befindet sich auf einer Anhöhe. Der Beobachter mit der Tertienuhr ist einige tausend Fuß davon auf einem freyen Platze, wo er nach der Kanone hinsehen kann. Durch eine getroffene Verabredung weiß er ohngefähr die Zeit, wann die Kanone abgebrannt

werden soll. Scharf richtet er seine Augen nach dieser Gegend hin. Seine Tertienuhr ruht. In dem Augenblicke aber, wo er den Blitz der Kanone sieht, läßt er die Uhr angehen, und sobald er den Knall hört, hemmt der den Gang derselben wieder. Die Zeit, welche zwischen Blitz und Knall verstrich, giebt ihm nun seine Uhr in Sekunden und Tertien an. Mißt er dann genau seine Entfernung von der Kanone, so weiß er wie viel Zeit der Schall von der Kanone gebrauchte, um durch diese Weite bis zu seinem Ohre sich fortzupflanzen.

Natürlich muß dieser Versuch einigemal wiederholt werden, um ein richtiges Resultat zu bekommen, weil bey einem Versuche leicht ein Versehen begangen seyn kann. Von mehreren Versuchen nimmt man dann die arithmetische Mittelzahl für die wahre Geschwindigkeit des Schalls an; und diese hat man eben in den meisten Fällen 1040 Pariser Fuß auf eine Sekunde gefunden. Das Licht braucht freylich auch Zeit, um sich von einem Orte zum andern hinzubewegen; aber eine

so außerordentlich geringe Zeit, daß man seine Geschwindigkeit in jeder Entfernung auf der Erde als augenblicklich ansehen kann; denn in einer Sekunde bewegt es sich durch einen Raum von 40,000 Meilen.

Auf die Kenntniß von der Geschwindigkeit des Schalls gründet sich das Verfahren, die jedesmalige Entfernung eines Gewitters zu bestimmen. Man zählt nämlich die Sekunden, welche vom Blitz bis zum ersten Donnerschlage verstreichen, weil Blitz und Donner immer zu gleicher Zeit entstehen. Sind z. B. zwischen Blitz und Donner zehn Sekunden verflossen, so ist die Wolke, welche blitzt, 10 mal 1040 Fuß oder etwa eine halbe deutsche Meile von uns entfernt. Folgt der Donner nach zwey Sekunden auf den Blitz, so ist das Gewitter nur 2 mal 1040 Fuß von uns. Können wir zwischen Blitz und Donner gar nicht zählen, so hat es ganz in unserer Nähe eingeschlagen. — Auf ähnliche Art kann man nun auch leicht die Entfernung einer belagerten Stadt,

eines Schiffes, eines Hafens ꝛc. bestimmen, wenn man den Blitz von dem Geschütz sieht, und den Knall hört.

Wenn man Schellen und kleine Glocken, die ganz frey an einem nassen und weichen Faden hängen, mittelst einer besondern Vorrichtung in luftleeren Gefäßen klingen läßt, so hört man sie nicht. Es ist dann kein elastischer Körper um sie herum, der den Klang bis zu unserm Ohre hin fortleiten könnte. Aber Luft braucht es gerade auch nicht zu seyn, die einen Schall in unser Ohr bringt. Befestigt man nämlich eine kleine Glocke an einen metallenen Stab, der mit dem einem Ende aus dem luftleeren Gefäße hervorsteht, so wird das Zimmer, worin man den Versuch anstellt, mit dem Schall der Glocke erfüllt. Man braucht auch nur das eine Ende eines dürren hölzernen Stabes an den Resonanzboden eines Claviers zu stemmen, und das andere Ende zwischen die Zähne zu nehmen. Man

hört dann bey verstopften Ohren die Töne sehr laut, welche das Clavier hervorbringt. Selbst Menschen, die fast ganz taub sind, hören recht gut, wenn sie mit einem zwischen den Zähnen haltenden Stabe einen Kessel berühren, worin Jemand hineinspricht. Hält man das Ohr an das Ende eines langen Balkens, und läßt man an das andere Ende nur mit einem Stecknadelknopfe schlagen, so hört man diese Schläge ganz deutlich. Hängt man mehrere Stangen, welche sich insgesammt berühren, an nassen Schnüren auf, befestigt man an das eine Ende der Stangen einen silbernen Löffel, hält man das Ohr an das andere Ende derselben, und läßt den Löffel wiederholt mit einem hölzernen Stabe schlagen, so hört man einen so starken und angenehmen Klang, daß man, wenn man von der Sache nichts wüßte, gewiß dächte, es würde in der Nähe eine große Glocke geläutet.

Die festen Körper pflanzen also nicht blos den

Schall ebenfalls fort, sondern sie schwächen auch den Schall unterweges nicht einmal, wie dies die Luft that. Jene frey hängenden Stangen waren nämlich als eine Reihe elastischer Kugeln anzusehen, die einander berührten. Die Erschütterungen des Löffels machten dann lauter Stöße aus, die sich (wie bey der Stoßmaschine) in ihrer vollen Stärke und mit unendlicher Geschwindigkeit bis an's Ohr hin fortpflanzten. — Wie gut ist es, daß fast in allen Fällen die lockere Luft den Schall bis zu unsern Ohren hin leitet! Wie würden unsere Gehörnerven durch Glockengeläute und Kanonendonner erschüttert werden, wenn die Fortpflanzung in unser Ohr durch feste elastische Körper geschähe! Einen entfernten Schall, der in der Luft längst verschwunden ist, hört man oft viele Meilen weit, wenn man das Ohr auf die Erde legt, z. B. einen entfernten Kanonendonner und ein entferntes Geläute. Auch das Rasseln eines entfernten Wagens, den Hufschlag entfernter Pferde

u. d. gl. hört man viel besser, wenn man das Ohr auf die Erde legt.

Daß übrigens diejenigen festen Körper, welche weich sind und wenig Elasticität besitzen, z B. Bley, den Schall nur schlecht fortpflanzen, ist leicht zu begreifen. Eben so kann man leicht denken, daß, wenn feste Körper ihre Schwingungen von schallenden Körpern empfangen, sie diese auch wieder der neben ihnen liegenden Luft mittheilen werden. Wie könnte man sonst den Schall durch hölzerne und steinerne Wände hören!

Wenn man eine Glocke unter Wasser mit einem Hammer schlägt, so hört man sehr wenig von dem Schalle. Denn Wasser, welches wenig Elasticität besitzt, pflanzt den Schall auch sehr schlecht fort. Die Taucher haben diese Erfahrung sehr häufig gemacht. Geht eine Rakete unter Wasser los, so hört man nur einen äußerst dumpfen Schall.

Schwingende Lufttheilchen oder Schallstrahlen, die

gegen eine harte Fläche stoßen, werden von dieser eben so zurückgeworfen, wie feste elastische Körper (Fig. 11. Taf. V.) Der Zurückprallwinkel ist immer dem Einfallswinkel gleich. Auf dieses Gesetz gründet sich die Einrichtung mancher Körper, welche Schallstrahlen entweder unter solchen Winkeln zurückwerfen müssen, daß sie auf eine große Entfernung hin parallel fortgehen und cylinderförmig beysammen erhalten werden, oder auch so, daß sie verdichtet nur nach gewissen bestimmten Stellen hinfallen, nach andern aber ganz und gar nicht.

Wenn man durch eine cylindrische Röhre (von Papier oder von Blech) spricht, so hört ein in gewisser Entfernung vor der Röhre stehender Mensch die Stimme deutlicher, als wenn man den Schall gleich aus dem Munde gehen ließe. So wie die Schallstrahlen aus dem Munde kommen, breiten sie sich auch gleich nach allen Gegenden hin aus, und werden folglich immer dünner und dünner. Durch die cylindrische Röhre werden sie eine Zeitlang und zwar in solcher Weite bey-

sammen erhalten, als die Röhre lang ist. Sobald sie aber aus der Mündung der Röhre kommen, breiten sie sich ebenfalls wieder aus.

Ganz anders verhält es sich mit dem eigentlichen Sprachrohre, oder mit einer etwa 5 Fuß langen kegelförmigen Röhre wie Fig. 2. Taf. VI. Wenn ein solches Sprachrohr (aus Blech oder aus Pappe) gut gebaut ist, so kann man den Schall durch dasselbe so weit fortpflanzen, daß man hineingesprochene Worte bis auf 3000 Schritte oder auf eine Viertelmeile weit ganz vernehmlich hört. Wenn z. B. *a b* ein Schallstrahl ist, der bey *b* anstößt, so wird dieser unter demselben Winkel, erst nach *b e* zurückgeworfen; dann von *e* wieder nach *e g*. Der Schallstrahl *a c* geht von *c* nach *c d* und von *d* nach *d f*. Die herausfahrenden Schallstrahlen *d f* und *e g* werden dann mit einander parallel seyn. So ist es nun mit allen Strahlen die in das Sprachrohr fallen. Sie kommen alle parallel aus der großen Mündung heraus, und so zusammen

erhalten, müssen sie wohl den Schall auf eine große Weite ohne Schwächung fortpflanzen. Die enge Mündung, in welche man hineinspricht, muß genau an den Mund schließen, damit auch alle Schallstrahlen wirklich in das Rohr hineinkommen. — Sehr nützlich sind die Sprachröhre zu Nothsignalen bey Feuersbrünsten, auf Schiffen, beym Einbruch der Diebe 2c.

Wenn man die enge Oeffnung des Sprachrohrs an das Ohr legt, so hört man jeden entfernten Schall viel stärker; selbst das leiseste Geflüster, welches Jemand in die große Oeffnung hineingehen läßt, hört man ganz vernehmlich. Ein Rohr zu diesem Behuf wird ein Hörrohr genannt. Hörröhre von der Größe eines Sprachrohrs würden (für schwer hörende Menschen) sehr unbequem seyn. Deswegen macht man sie viel kürzer, und giebt ihnen die Gestalt wie Fig. 3. oder noch besser wie Fig. 4. Taf. VI. Es kommen doch noch immer eine große Menge verdichtete Schallstrah-

len in das Ohr. — Das äußere Ohr des Menschen dient ja zu einem ähnlichen Zwecke.

Sehr merkwürdig sind auch die Sprachsäle oder Sprachgewölbe. In diesen Gewölben, welche nach einer Ellipse gebaut sind, wie Fig. 1. Taf. VI., finden sich zwey, wohl über 20 Fuß von einander entfernte Punkte *a* und *b* (die Brennpunkte der Ellipse), worin sich folgende Wirkungen zeigen. Wenn in jedem von diesen Punkten ein Mensch steht, und der eine flüstert so leise, daß man einen halben Schritt weit nichts mehr davon hört, so versteht doch der Mensch in dem andern Punkte alle Worte ganz vernehmlich. Dies geht so zu. Gesetzt, in dem Punkte *a* befinde sich der Mensch, welcher ganz leise redet. Der an das Gewölbe treffende Schallstrahl *a c* wird nach *c b* zurückgeworfen, der Schallstrahl *a d* nach *d b*, *a e* nach *e b*, *a f* nach *f b*, *a g* nach *g b*, *a h* nach *h b*, *a i* nach *i b*; kurz, alle kommen (verdichtet) in dem Punkte *b* zusammen. An andern Stellen des Gewölbes, wo viel-

leicht nur ein oder ein Paar Schallstrahlen hinkommen, hört man folglich nichts.

Das sogenannte Ohr des Dionysius war eine in einen Fels gehauene Grotte, worin Dionysius die leisesten Reden, welche man darin führte, gehört haben soll. Sie war nämlich nach der Parabel construirt. Diese krumme Linie hat die Eigenschaft, alle mit der Achse parallele Schallstrahlen nach geschehener Zurückwerfung in den Brennpunkt zusammen zu bringen.

Eine ähnliche Bewandniß hat es mit der Kuppel (der runden gewölbten Bedeckung) auf der Paulskirche in London. Diese Kuppel ist so gebaut, daß man den Schlag einer Taschenuhr von einem Ende bis zum andern hört, und daß das leiseste Gezisch gleichsam einen Umlauf um die ganze Kuppel macht. Die merkwürdige Vervielfältigung des Schalls findet nicht allein unten an der Gallerie, sondern auch an den hö-

hern Stellen statt, obgleich das Gewölbe oben eine große Oeffnung für die Laterne besitzt.

In Flöten, Klarinetten, Pfeifen und ähnlichen Blasinstrumenten wird die Luft gefangen; sie verdichtet sich dann und kommt in's Zittern, wenn man mit einiger Gewalt hineinbläßt. Durch das Schliessen und Oeffnen der Löcher oder Klappen ändern sich die Längen der zitternden Luftsäulen, die Schwingungsknoten u. d. gl.; und daraus wird dann die Verschiedenheit in den Tönen begreiflich. Solche Instrumente kann man angreifen, ohne daß dadurch der Ton verändert wird.

Waldhörner, Trompeten und andere ähnliche Blasinstrumente, wobey man die Verschiedenheit der Töne nicht durch das Spiel der Finger, sondern durch das Vergrößern und Verkleinern der Lippenöffnung bewirkt, zittern selbst mit, wenn die verdichtete Luftsäule, welche sie enthalten, in Schwingung

kommt. Daher rührt denn auch die ungemeine Verstärkung des Schalls bey denselben.

Zuweilen wird ein Schall einmal, zweymal, dreymal oder vielmal zurückgeworfen und dann zweymal, dreymal, viermal oder vielmal hinter einander gehört, wenn man an der rechten Stelle sich befindet. Ein solcher zum zweytenmale, drittenmale, viertenmale ꝛc. gehörter Schall wird ein **Wiederhall** oder **Echo** genannt.

Die Echo's findet man nicht sehr häufig, weil Wände, Mauern, Bäume und andere Körper, die den Schall zurückwerfen, eine solche Gestalt und eine solche Lage gegen einander haben müssen, daß sie nach einem Ohre eine hinreichende Menge Schallstrahlen schicken, daß sie diese Strahlen eher verdichten, als auseinander bringen, und daß sie in gehöriger Entfernung von dem Ohre liegen, damit dieses die Eindrücke von Schall und Echo zu unterscheiden im Stande ist. Wenn der zurückwerfende Körper 520 Fuß von dem Ohre entfernt

liegt, so verstreicht zwischen Schall und Echo eine Sekunde Zeit; dann hin und her macht 1040. Liegt er 260 Fuß weit von dem Ohre, so verfließt zwischen Schall und Echo nur eine halbe Sekunde Zeit. Liegt er noch näher, so ist diese Zeit noch kürzer. In Zimmern hört man daher kein Echo; Schall und Echo fließen da gleichsam in einem Augenblicke zusammen.

Einsylbige Echo's wiederholen immer nur die letzte Sylbe eines ausgesprochenen Worts. Rufe ich z. B. "Morgen," so höre ich nur das Echo von der Sylbe gen, weil das Echo von Mor und der Schall von gen wegen der geringen Entfernung des zurückwerfenden Körpers gleichsam zusammenfließen. Es giebt aber auch zweysylbige, dreysylbige und mehrsylbige (oder vielsylbige) Echo's, nicht blos in der freyen Natur, sondern auch bey künstlichen Gebäuden. Auf der Mitte des Echoplatzes in Cassel hört man alles vielfach, was man da spricht. Die Gebäude um denselben stehen auf dem

Umfange eines Kreises herum. Bey solchen vielfachen Echo's wird der Schall immer von einem Körper auf den andern geworfen. Das Ohr befindet sich zwischen diesen Körpern und fängt die hin und her gehenden Schallstrahlen auf.

Ein sehr merkwürdiges vielfaches Echo hört man nicht weit von Mailand auf dem Landhause eines gewissen Simonetti. Es wiederholt die letzte Sylbe einer lauten Rede vierzigmal, einen Pistolenknall sogar sechzigmal, und zwar so schnell hintereinander, daß man kaum geschwind genug zählen kann.

Jetzt noch ein Paar Worte über den Bau unseres Ohrs, wovon Herr Waltersdorf ein elfenbeinernes Modell zeigte. Die Schallwellen, sagte er, dringen durch das äußere Ohr, welches sie wie ein Hörrohr verdichtet, an das gespannte Trommelfell. Dieses wird dadurch auffallend erschüttert, und theilt die Erschütterungen wieder drey hebelartigen sehr empfindlichen Gehörknöchelchen mit, die dann wieder die feinen

seidenartigen ungemein zart zusammengewebten Gehörnerven erschüttern und uns so die Empfindung des Schalls beybringen. Fische und andere Wasserthiere, welche sich nie in der Luft aufhalten, bedürfen natürlich solcher Gehörwerkzeuge nicht. Ohne Zweifel wird ihnen der Schall, welchen sie im Wasser sehr gut hören, durch alle Schuppen und Gräten bis zu den innersten Gehirnhöhlen mitgetheilt, welche sich ebenfalls in ihren Köpfen befinden.

Funfzehntes Kapitel.

Noch einige belustigende und unterhaltende Kunststücke in Beziehung auf die bisher vorgetragenen physikalischen Lehren.

Herr Waltersdorf mußte in Geschäften auf kurze Zeit verreisen. Er wollte in der letzten Stunde keine neue Lehre anfangen, die er vor der Reise nicht hätte endigen können. Deswegen verwandte er diese Stunde dazu, seinem jungen Schüler einige Kunststücke, die auf physikalischen Gründen beruhen, theils selbst zu zeigen, theils doch davon zu erzählen.

I.

"Ein goldener Ring wurde an einen Zwirnsfaden ge„hängt, der Zwirnsfaden wurde verbrannt und doch blieb „der Ring an dem zu Asche gewordenen Faden hängen."

Herr Waltersdorf nahm andere Fäden von derselben Dicke, Gestalt und Materie. Ferdinand mußte denselben Ring daran hängen. Kaum fing der Faden an zu brennen, als auch schon der Ring mit Gewalt abfiel. — Warum war vorhin der Ring nicht abgefallen?

Ferdinand schloß ganz richtig, der erste Faden habe gewiß eine besondere Zubereitung empfangen, vermöge welcher die Aschentheilchen noch so fest haben zusammenhängen müssen, daß sie den Ring tragen konnten. — Man weicht den Faden ein Paar Tage lang in ein Glas mit Flußwasser ein, worin man einen Löffel voll Küchensalz hat auflösen lassen. Dann nimmt man ihn heraus und trocknet ihn gut ab. So erklärte Herr Waltersdorf dies Kunststück.

II.

„Ein Taschenspieler that drey Federmesser, die er sich „von verschiedenen Personen hatte darreichen lassen, in einen „silbernen Becher, den er einer vierten Person in die Hand „gab. Auf seinen Ruf kam nun stets dasjenige Messer aus „dem Becher herausgesprungen, welches Jemand aus der Ge„sellschaft dazu gewählt hatte.“

Unten in dem Becher befindet sich nämlich eine kleine doch ziemlich starke Springfeder. Ein Stück Zucker ist so unter die Feder geklemmt, daß sie nicht aufspringen kann. Die drey verschiedenartigen Federmesser legt der Taschenspieler so in den (undurchsichtigen) Becher, daß das obere Ende des zum Herausspringen ausgewählten Messers in ein kleines rundes Loch kommt, welches in der Springfeder sich befindet. In dem Boden des Bechers ist warmes Wasser. Ehe der Taschenspieler die Hand wieder herauszieht, befeuchtet er die Fingerspitze mit demselben, und tröpfelt unvermerkt einige Tropfen davon auf den Zucker. Sobald dieser

geschmolzen ist, erhält die Springfeder wieder Freyheit, sich auszudehnen, und durch ihre Elasticität sprengt sie das Federmesser heraus. Das geschieht nun, während eine Person den Becher in die Hand bekommt, und während des Zurufs.

III.

„Derselbe Taschenspieler warf eine Kugel in ein kleines „Haus, woran drey Thüren befindlich waren. Immer kam „dann die Kugel zu derjenigen Thür heraus, welche ein Zu„schauer gewählt hatte."

Die Kugel rollt nämlich in einen gebogenen Trichter. Dieser Trichter hat unten in verschiedenen Höhen zwey Löcher, die sich durch Klappen schließen, welche ein Gehülfe mittelst eines Hebels öffnen kann. Beyde Löcher machen die Mündung zweyer anderer Trichter aus, die an zwey verschiedenen Thüren, der eine zur Rechten, der andere zur Linken, sich endigen. Der erste Trichter gehört der Mittelthür zu. Soll nun die Kugel z. B. zur Thür rechter Hand auslaufen, so öffnet

der Gehülfe vermöge des einen verborgenen Hebels diejenige Klappe, welche zu jener Thür hinführt. Die Kugel fällt dann in die Röhre hinab, welche zu der Thür rechter Hand ihren Ausgang hat; u. s. w.

IV.

„Der Taschenspieler läßt sich von Jemand aus der Ge„sellschaft eine Uhr geben. Er thut sie in einen Mörser und „ein anderer muß sie mit dem Stempel in Stücke zerstoßen. „Und doch giebt er die Uhr in einigen Minuten dem Eigenthü„mer unbeschädigt zurück.“

Der Boden des Mörsers läßt sich öffnen. Er wird, mit einer Serviette bedeckt, auf eine Stelle des Tisches gesetzt, wo eine verborgene Fallthür sich befindet. Der Gehülfe unter dem Tische nimmt die Uhr unvermerkt heraus und thut dafür eine andere sehr schlechte Uhr hinein. Gewöhnlich ist einer von der Gesellschaft im Einverständniß, dessen Uhr Aehnlichkeit mit derjenigen Uhr hat, welche in dem Mörser zerstoßen wird. Der

Taschenspieler kann es leicht machen, daß er diese Uhr und keine andere in die Hand bekommt.

V.

„Der Taschenspieler ladet den Ring eines Zuschauers in
„eine Pistole. Ein leeres Kästchen, das er der Gesellschaft
„vorzeigt, läßt er von einer dritten Person mit einem Bande
„umwinden und mit dem Pettschafte dieser Person versiegeln.
„Das Kästchen stellt er so auf den Tisch, daß es die Gesell-
„schaft nicht aus den Augen verliert. Die Pistole wird abge-
„schossen, gleich darauf das Kästchen geöffnet und siehe da!
„ein Kanarienvogel sitzt darin, welcher den Ring in seinem
„Schnabel hält.

Der Taschenspieler nimmt die geladene Pistole unter irgend einem Vorwande in die Hand; unvermerkt öffnet er durch den Druck des Fingers eine Klappe unten am Laufe der Pistole, wodurch ihm der Ring in die Hand fällt. Er spielt ihn mit Gewandheit seinem Gehülfen zu, der ihn in den Schnabel eines bereit gehaltenen Kanarienvogels bringt. Das versiegelte Käst-

chen mit seinem Boden, der sich öffnen läßt, wird auf dem Tisch über eine Fallthür gesetzt, und während ein Zuschauer die Pistole ohne Ring zum Fenster hinaus abschießt, hat der Gehülfe des Taschenspielers den Vogel mit dem Ringe schon in das Kästchen hineingeschoben.

VI.

„Der Taschenspieler nimmt drey Eyer. Zwey davon „legt er auf den Tisch; das dritte legt er in einen Hut. Er „läßt sich von den Zuschauern ein spanisches Rohr geben, das „die ganze Gesellschaft genau besehen und befühlen darf. Dann „legt er ihn quer über den Hut, worin das Ey sich befindet. „Stock und Hut vor sich hin haltend besteigt er einen Stuhl. „Kaum steht er auf demselben, als er auch schon den Hut „auf die Erde fallen läßt. Aber das seiner Unterstützung be„raubte Ey fällt nicht mit, sondern bleibt zum Erstaunen der „Zuschauer an dem Stocke hängen, als wenn es daran ge„leimt wäre; auch hüpft es sogar nach dem Takte der Musik „von einem Ende des Stocks bis zum andern. Zerbricht

„man es nachher, so sieht man, daß es ein wirkliches gan„zes Ey ist.“

Durch das Ey wird nämlich der Länge nach ein weißes Pferdehaar oder ein Zwirnsfaden gezogen, an dessen einem Ende ein kleiner Stift befestigt ist. Mit dem Faden schiebt man das Stiftchen, an dessen Mitte der Faden fest sitzt, in das Ey. In dem Eye stellt es sich dann von selbst nach der Quere. Der Faden kann also nicht wieder aus dem Ey herausgehen. Die in der Schaale entstandene kleine Oeffnung verkittet man mit etwas weißem Wachs.

Das andere Ende des Fadens ist mittelst einer gebogenen Stecknadel an dem Kleide des Taschenspielers befestigt, und der Stock geht ganz in der Nähe des Eyes unter dem Faden hin, oder vielmehr der Stock trägt den übergelegten Faden. Der Taschenspieler braucht also nur den Stock hin und her zu bewegen, es sieht dann aus, als wenn das Ey diese Bewegung machte. Den Schwerpunkt kann das an den Faden geheftete Ey

nicht verändern; es muß stets in einerley Entfernung von der Stecknadel bleiben. Schnelligkeit und Gewandheit des Taschenspielers, die freylich bey allen seinen Künsten zur Hauptgeschicklichkeit gehört, befördert jene Täuschung ungemein.

VII.

„Der mechanische Seilschwinger, welchen einige Taschen„spieler mit sich führen, eine männliche Figur, oft in Lebens„größe, hält seine Hände an eine Stange und nach dem Takte „der Musik hebt er sich auf die Stange, schleudert sich vor„wärts und rückwärts über die Stange, bejaht Fragen durch „Nicken, und verneint sie durch Schütteln mit dem Kopfe; „u. d. gl. m.“

Die Stange, welche man sieht, ist hohl und in ihr bewegt sich, durch Drehen mit einer hinter der Wand befindlichen Kurbel, eine andere Stange um ihre Achse, welche von der Figur mit den Händen umklammert wird. So wie man die Stange dreht, schneller oder langsamer, so steigt auch die Figur in die Höhe, so schwingt

sie sich rc. Daß dies alles auf jene einfache Art geschieht, kann man leicht mit jedem runden Stabe versuchen, den eine, in den Schultern mit Gelenken versehene kleinere Figur umfaßt. Wäre die Stange recht cylindrisch und drehte sie sich ganz ohne Schwanken um ihre Achse, so bedürfte man der hohlen Stange nicht einmal. Man würde dann, besonders des Abends bey dem Schein von Lichtern, ihre Bewegung nicht einmal wahrnehmen.

Das Nicken und Schütteln mit dem Kopfe muß freylich auf eine künstlichere Weise bewirkt werden. Schnüre müssen mit vieler Genauigkeit von dem Kopfe über Rollen durch den hohlen Körper und durch die hohle Stange nach dem Orte hingeleitet werden, wo ein Mensch sie regiert.

VIII.

„Ueber ein Weinglas setzte Herr Waltersdorf einen „Teller, auf den Teller wieder ein Glas und in das Glas „legte er ein beynahe wie ein Ey zusammengewickeltes Tuch

„so, daß es leicht herausgeworfen werden konnte. Auf das „Tuch legte er mehrere Geldstücke. Dann schlug er das Tuch „gewaltsam hinweg; und fast in demselben Augenblicke lagen „auch die Geldstücke in dem Glase.“

Das dies Kunststück ganz auf demselben Grunde beruhte (auf der Trägheit), wie bey dem Ringe, welchen man unter einer Münze hinwegschlägt, sah Ferdinand sogleich ein.

IX.

„Herr Waltersdorf nahm auch einen Hut, und „setzte ihn auf die Oeffnung eines Kruges. Auf die Basis „des Hutkopfes, welche der Oeffnung des Kruges gegenüber „war, legte er eine Münze. Nun schlug er den Hut, in „horizontaler Richtung schnell von dem Kruge. Siehe da! „die Münze fand sich in dem Kruge wieder.“

Dasselbe Kunststück mit Veränderungen.

X.

„Ein Bierglas, halb mit Wasser gefüllt, wurde auf „den Tisch gesetzt. Auf das Glas wurde ein glatter hölzer-

„ner Teller gelegt, auf den Teller wieder ein Glas gesetzt, „auf das Glas ein zusammengerolltes Kartenblatt und auf „das Kartenblatt ein Ey gelegt. Mit der linken Hand wur„de das Glas angefaßt und mit der rechten wurde dem Tel„ler zur Seite ein geschwinder Schlag versetzt. Teller und „Kartenblatt flogen hinweg und das Ey fiel unbeschädigt in „das Glas."

Auch hier wurde die Trägheit des Tellers und der Karte schnell überwunden. Das Ey hingegen empfand nichts davon.

XI.

„Ferdinand mußte einen Teller in der Mitte mit „beyden flachen Händen ausgestreckt halten, so fest er nur „konnte. Leicht schlug ihn Herr Waltersdorf mit dem „Zeigefinger heraus."

Auch diese Wirkung rührte blos von der schnellen Ueberwindung der Trägheit her.

XII.

„Ferdinand konnte unter gewissen Bedingungen,

„welche Herr Waltersdorf vorschrieb, nicht über einen „Strohhalm springen, den er ganz nahe vor sich liegen „hatte.“

Die Bedingungen waren: gerade hinüber zu springen, ohne weder die Knie, den Leib oder Kopf zu biegen. Und das war natürlich ganz unmöglich.

XIII.

„Ferdinand mußte sich auf einen Stuhl setzen. Er „konnte schlechterdings nicht aufstehen, wenn er die dabey „vorgeschriebene Bedingungen erfüllen wollte.“

Er sollte nämlich weder die Füße biegen, noch den Rücken anlehnen, noch auch den Leib mehr vorwärts bringen; und das war unmöglich, weil dann der Schwerpunkt gar keine Unterstützung gehabt hätte.

XIV.

„Ferdinand bekam in die eine Hand einen Degen, „in die andere Hand die Scheide; er konnte den Degen „nicht in die Scheide stecken.“

Er hatte nämlich nicht die erforderliche Länge dazu, weil ihm Herr Waltersdorf den Degen bey dem Griffe in die rechte, die Scheide aber bey dem Ortbande in die linke Hand gab.

XV.

„Ferdinand mußte zwey cylindrische hölzerne Büch-
„sen, die einander an Gestalt, Größe, Tiefe und Gewicht
„vollkommen gleich waren, und zwey Kugeln, eine bleyerne
„und eine eiserne, von ganz gleichem Gewicht hinnehmen,
„und heimlich in die eine Büchse die bleyerne und in die
„andere die eiserne Kugel thun. Herr Waltersdorf
„sagte jedesmal ohne Oeffnung der Büchsen, in welcher die
„bleyerne und in welcher die eiserne Kugel war."

Da nämlich Bley dichter ist als Eisen (folglich ein größeres eigenthümliches Gewicht hat), so ist das Volumen der bleyernen Kugel kleiner, als das Volumen der eisernen. In die Mitte jeder Büchse wird ein krummer Stift eingeschlagen, durch den Stift ein Faden

gezogen und an dem Faden jede Büchse aufgehängt. Diese neigt sich nun natürlich mit derjenigen Seite, wo die Kugeln liegen. An die entgegengesetzte Seite hängt man dann so viel Gewicht, bis die Büchse in die horizontale Lage (oder in's Gleichgewicht) kommt. In derjenigen Büchse befindet sich nun die bleyerne Kugel, an welche man das meiste Gewicht hängen mußte, um das Gleichgewicht herzustellen. Das ist aus der Lehre vom Hebel sehr begreiflich. Je mehr Gewicht einen Punkt des Hebels belastet, desto mehr wird er da niedergedrückt. Bey der bleyernen Kugel ist mehr Materie in einem engern Raume beysammen, folglich wird diese Kugel die Büchse mehr niederdrücken und zur Herstellung des Gleichgewichts an der andern Seite ein größeres Gewicht verlangen, als die eiserne Kugel.

XVI.

„Ein Messer wurde so auf die Kante eines Tisches ge„legt, daß der längere Theil über dem Tische hervorragte;

„nun wurde ein Kaffeetopf durch Hülfe eines hineingespreiß-
„ten Stocks mit einem an dem Bügel befestigten Ringe so
„an das Messer gehängt, daß der schwerere Theil des Top-
„fes unter den Tisch kam. Topf und Messer fielen dann
„keinesweges herunter."

Bey dieser hängenden Lage des Topfes ging näm-
lich die Direktionslinie der Schwere, von dem Ruhe-
punkte des Messers auf dem Tische angerechnet, durch
den Schwerpunkt des Topfes; folglich war dieser
Schwerpunkt von oben unterstützt. Man braucht nur,
um diesen Versuch sehr leicht im Kleinen nachzuahmen,
ein Zuschlagmesser so weit aufzumachen, daß die Klin-
ge mit den Stiele einen spitzigen Winkel bildet. Dann
kann man die Klinge mit der Schneide so auf die Kante
des Tisches setzen, daß der Stiel unter dem Tische hin-
hängt, und das Messer auf der Kante balancirt. —
Auf diesen Versuch lassen sich noch manche andere ähn-
liche Kunststücke bauen.

* * *

Jetzt schloß Herr Waltersdorf seine Stunde, und Ferdinand ging mit dem Wunsche nach Hause, daß Herr Waltersdorf nur erst wieder zurückgekehrt seyn möchte. Wir wollen diesem eine glückliche Reise wünschen, und hoffen, ihn bald gesund wiederzusehen.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Druck und Papier von C. L. Brede in Offenbach.

Taf. I.

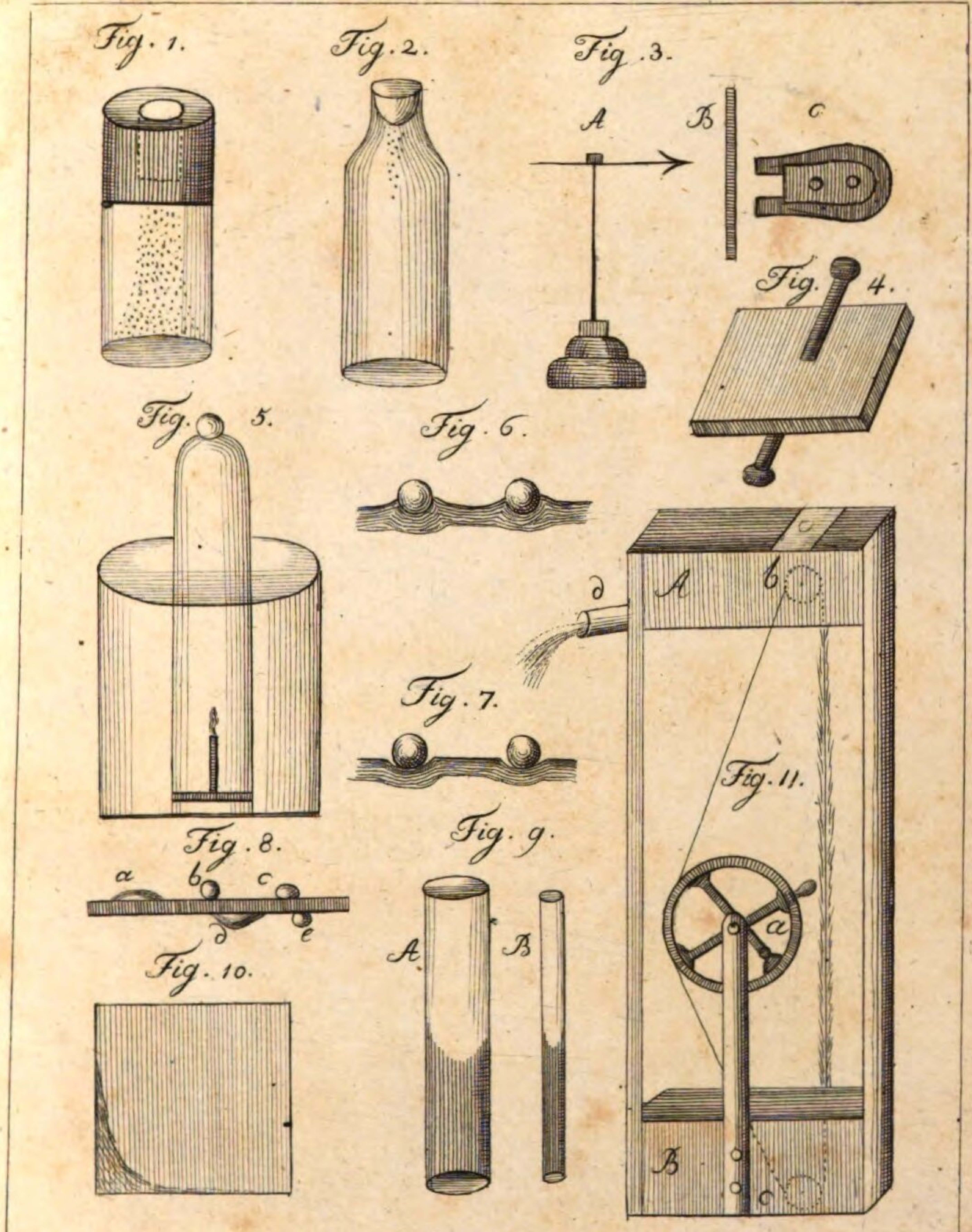


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
A
B
C
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
a
b
c
d
e
Fig. 9.
A
B
Fig. 10.
Fig. 11.
A
b
d
a
B

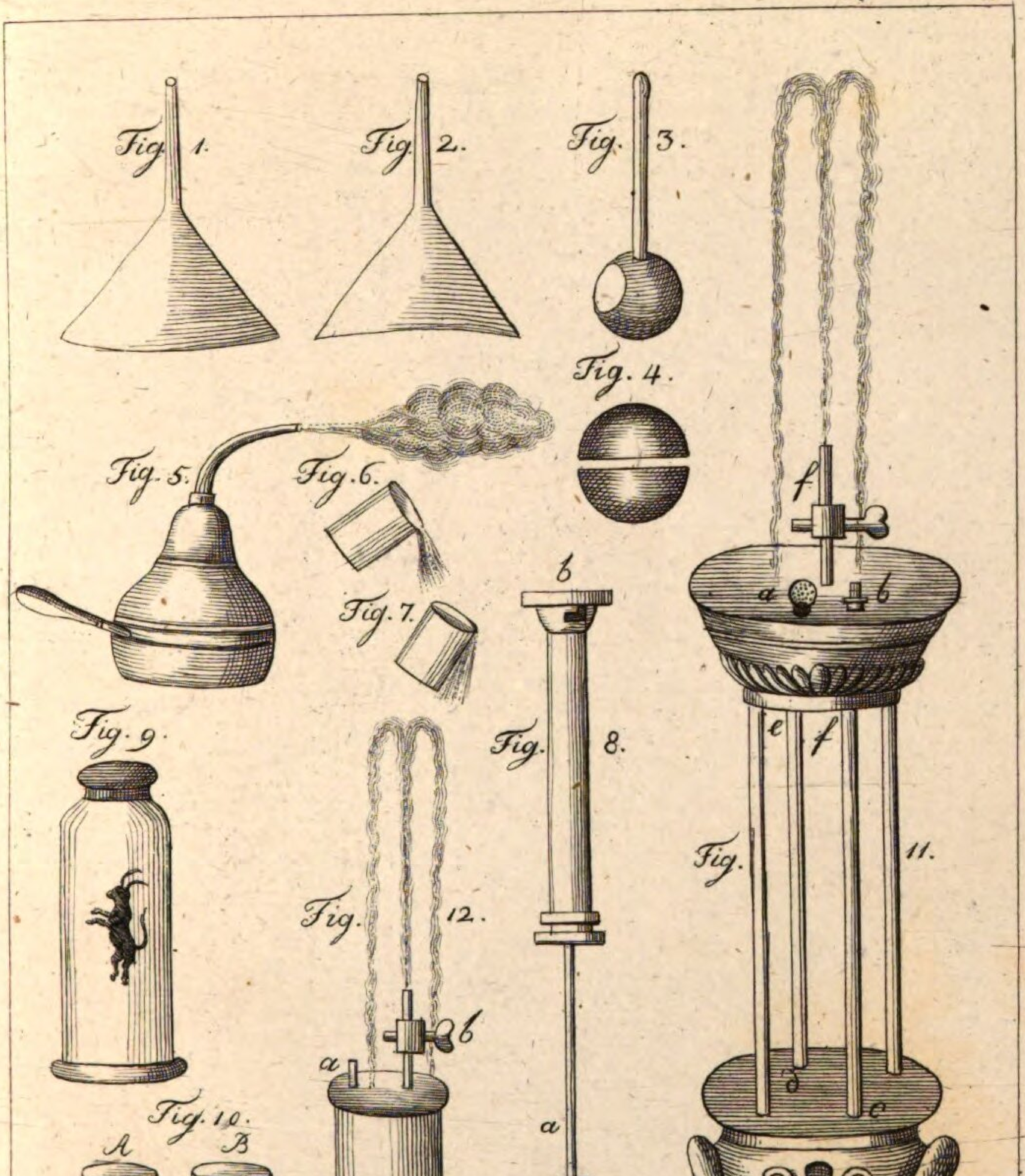


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
b
a
Fig. 9.
Fig. 10.
A
B
Fig. 11.
f
a
b
e
f
d
e
g
Fig. 12.
a
b

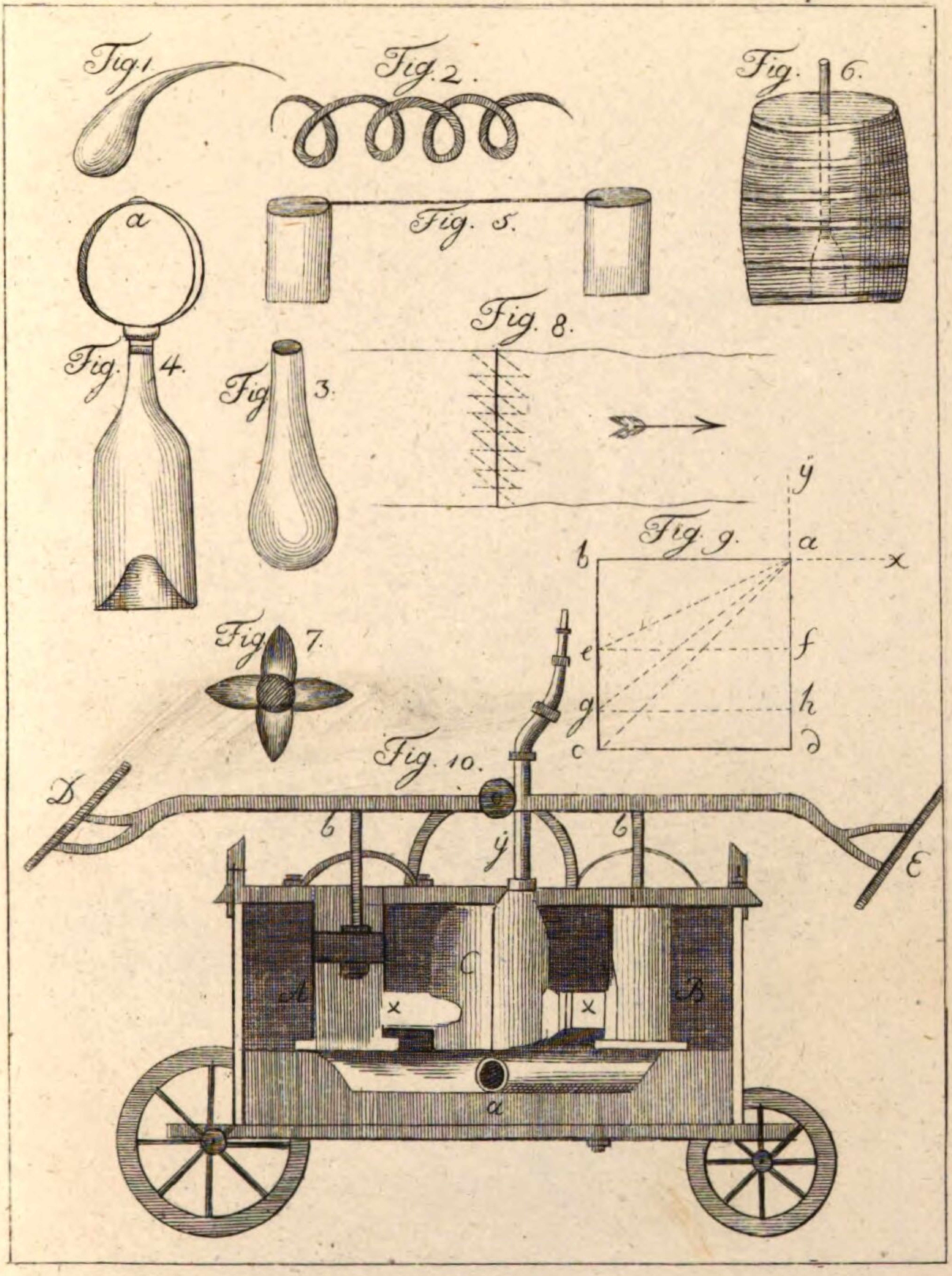


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 6
a
Fig. 5
Fig. 8
Fig. 4
Fig. 3
ÿ
Fig. 9
b
a
x
e
f
g
h
c
d
Fig. 7
Fig. 10
D
b
ÿ
b
E
C
A
x
x
B
a

Taf IV.

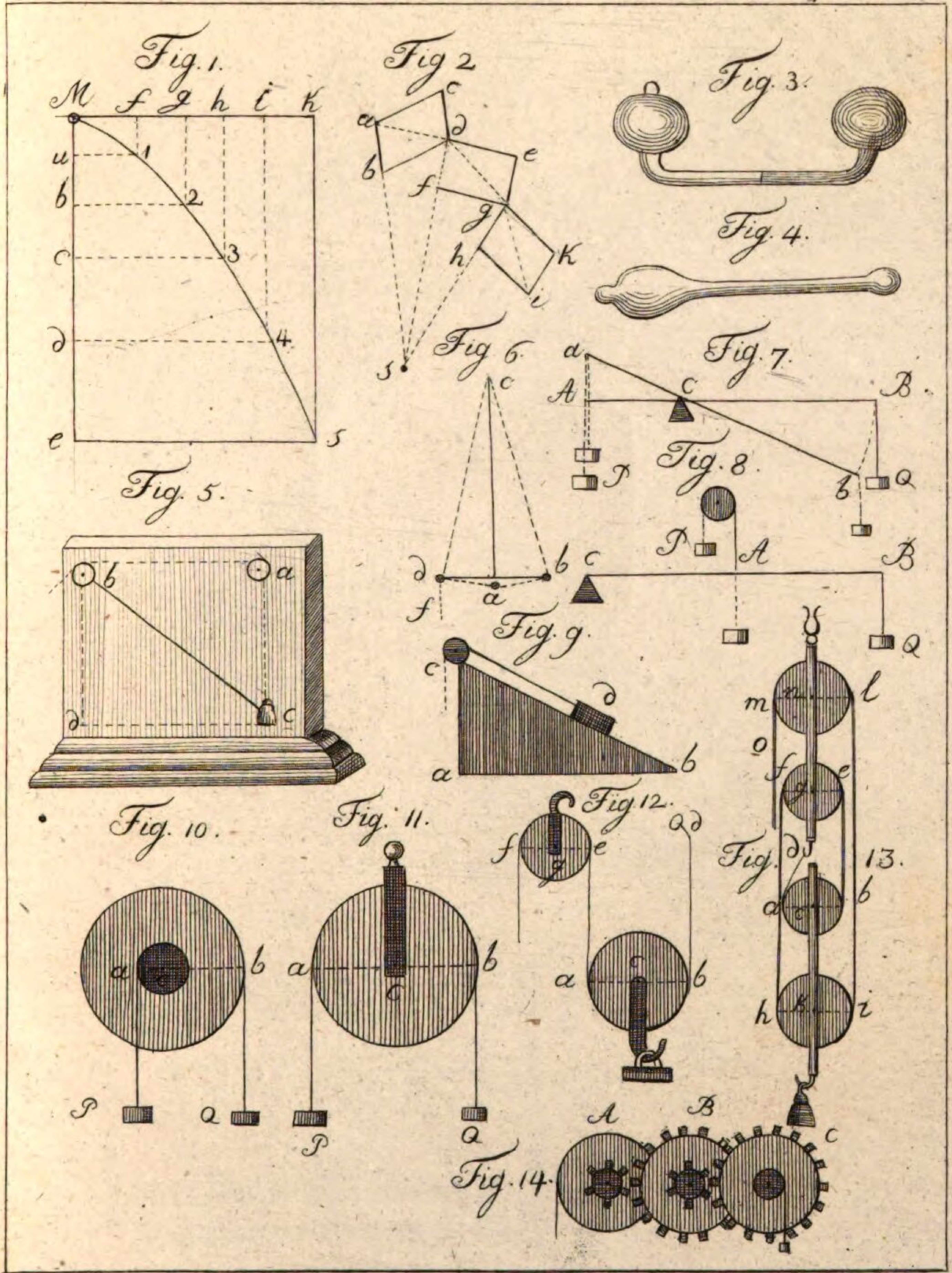


Fig. 1.
M f g h i k
u b c d e s
1 2 3 4
Fig 2
a b c d e f g h i k s
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
b a d c
Fig 6.
c d b a f
Fig. 7.
a A C B P Q b
Fig. 8.
P A C B Q
Fig. 9.
c d a b
Fig. 10.
a b P Q
Fig. 11.
a b c P Q
Fig. 12.
f e g a b c Q d
Fig. 13.
m n l o f g e d a c b h k i c
Fig. 14.
A B C

Taf: V.

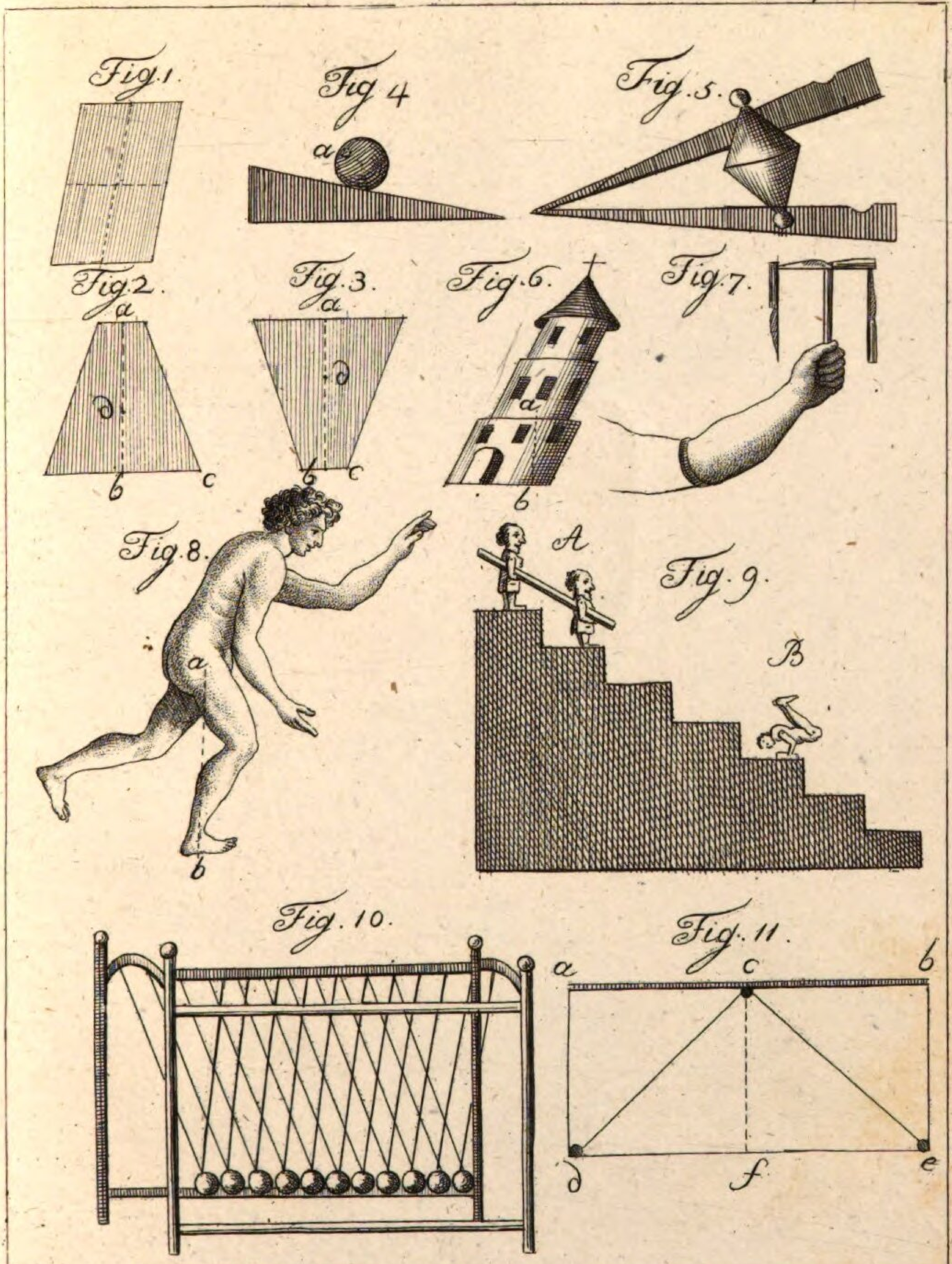


Fig. 1.
Fig 4
a
Fig. 5.
Fig. 2.
a
b
c
d
Fig. 3.
a
b
c
d
Fig. 6.
a
b
Fig. 7.
Fig. 8.
a
b
A
Fig. 9.
B
Fig. 10.
Fig. 11.
a
c
b
d
f
e

Taf. VI

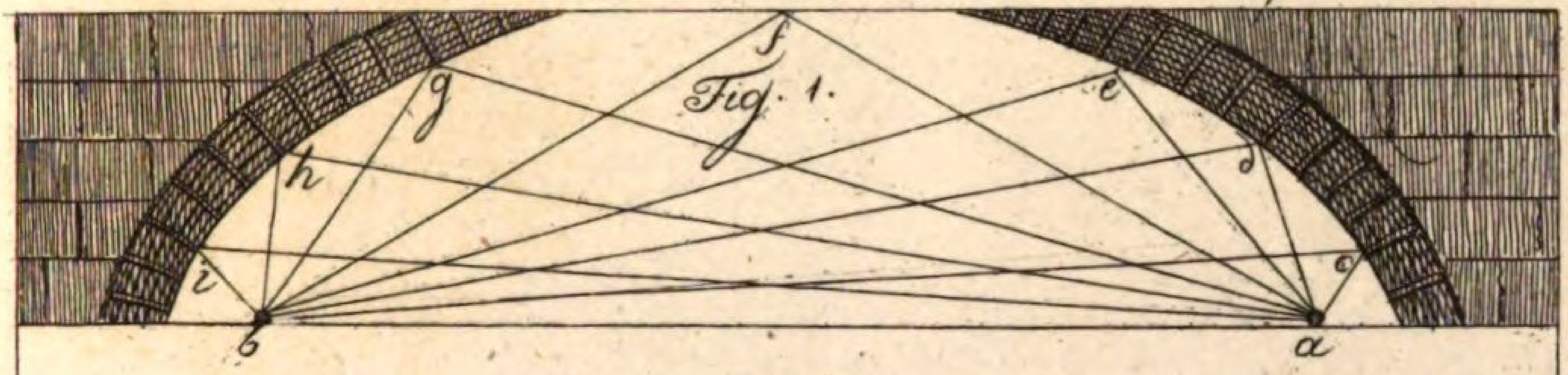


Fig. 1.

Fig. 2.

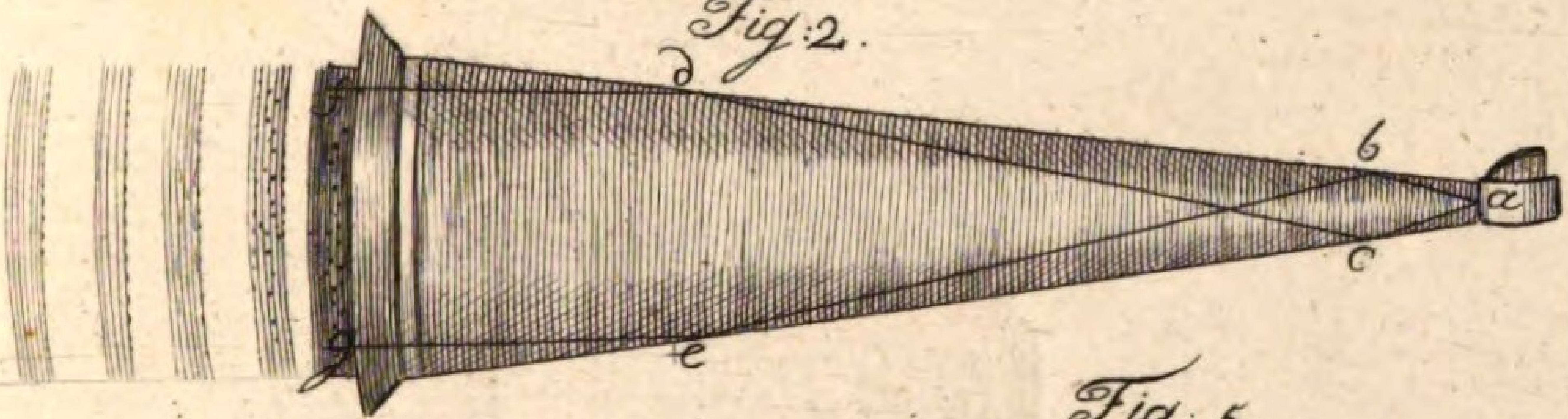


Fig. 3.

Fig. 4.

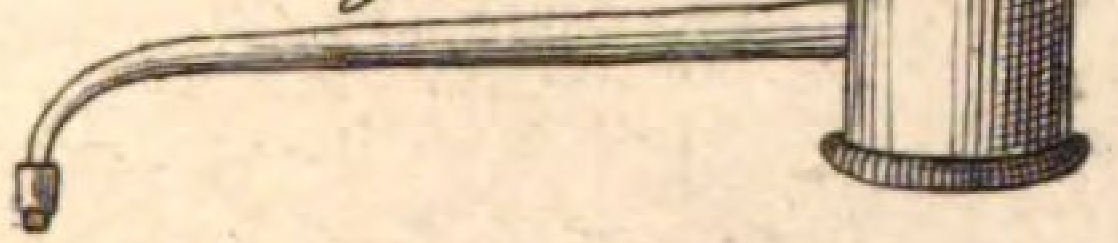


Fig. 5.

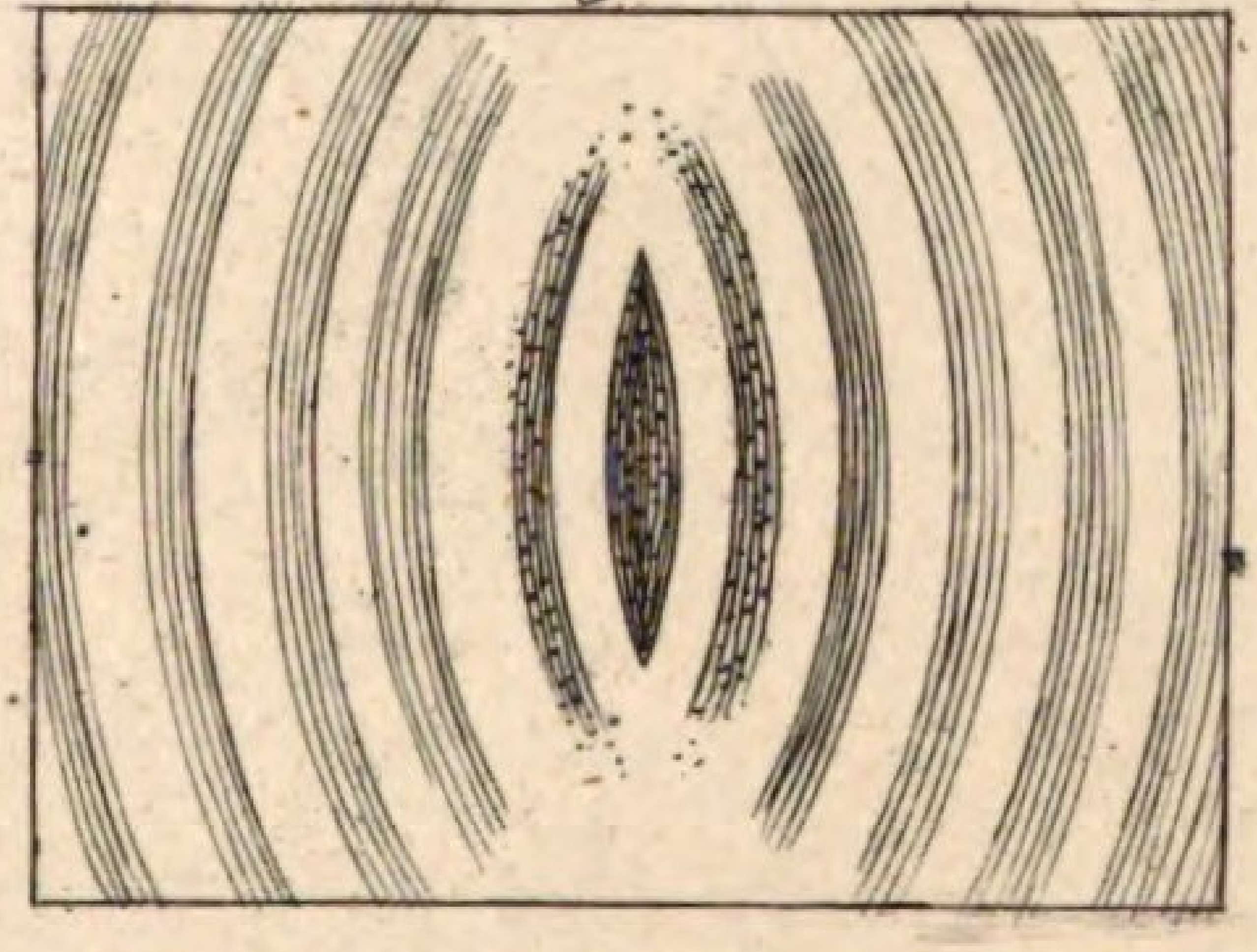


Fig. 6.

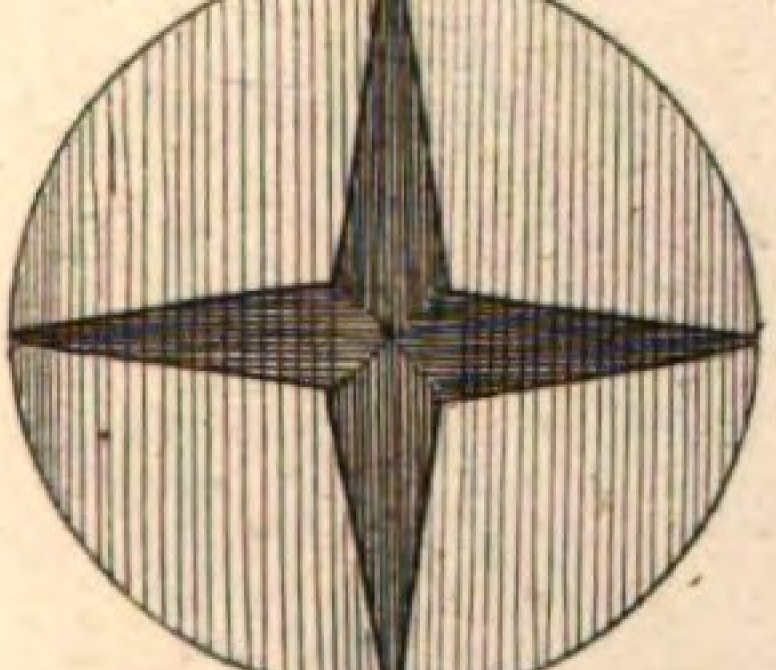


Fig. 7.

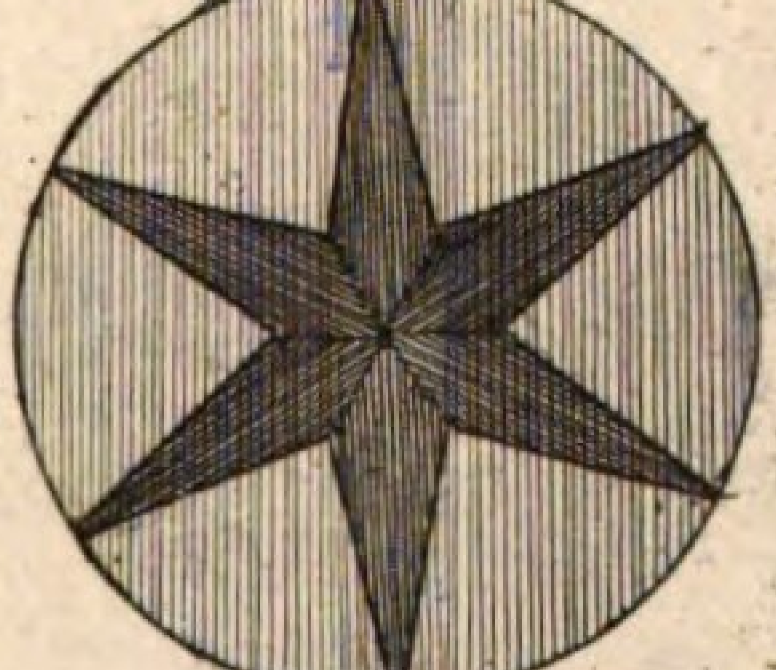
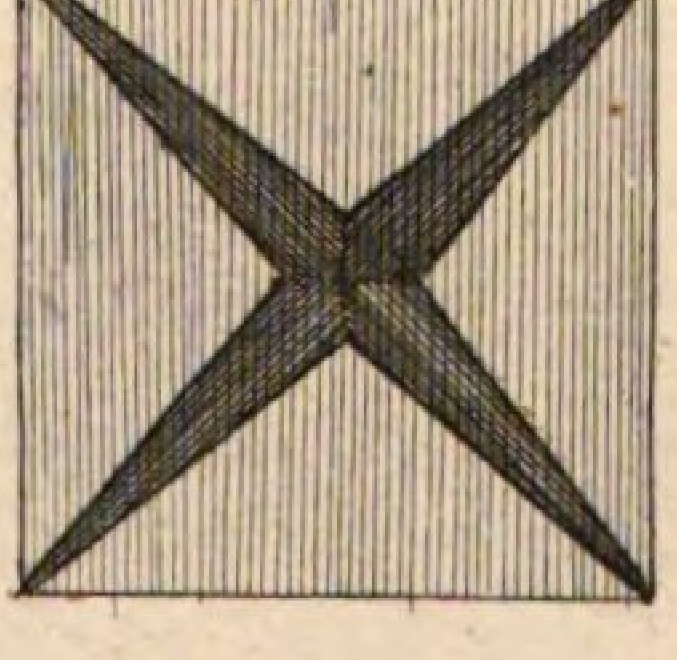


Fig. 8.



BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

XXXX XXX (1-8) III. 89

14494 №31
[illegible]

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Poppe, Johann Heinrich Moritz von

Der physikalische Jugendfreund oder faßliche und unterhaltende Darstellung der Naturlehre mit der genauesten Beschreibung aller anzustellenden Experimente, der dazu nöthigen Instrumente, und selbst mit Beyfügung vieler belustigenden physikalsichen Kunststücke
Bd.: 1

Frankfurt am Mayn 1811

Phys.g. 356 l-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10137921-2